

ウラン系列核種と海水準の同期変動 Uranium isotope composition changes with past climate changes

横山 祐典^{1*}
Yusuke Yokoyama^{1*}

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

Uranium series nuclides have unique chemical properties and have been widely used for determining the timing of the past climate changes (Edwards et al., 1988; Yokoyama and Esat, 2004; 2011). Rivers supply uranium to the oceans globally with excess ²³⁴U relative to secular equilibrium and ²³⁴U incorporated with coral skeletons can be used for dating. The ²³⁴U abundance in seawater, at the time the coral was growing, can also be measured independently. The reliability of Uranium series dates used in determining past sea-level variations is dependent on selecting pristine corals free from diagenetic alteration. A quantitative test for alteration assumes invariant ²³⁴U abundances in the oceans for at least the past ca. 500 kyrs and results from samples outside of a narrow range in modern ocean ²³⁴U abundance are excluded from data sets. It has been known that this can be constant and thus is able to use rigorous tests for diagenesis of corals. We combined data obtained from uplifted coral terraces in Papua New Guinea with previously reported values. A systematic trend emerges indicating shifts in the ²³⁴U/²³⁸U ratio at times of major glacial/interglacial transitions that involve large variations in sea-levels (Esat and Yokoyama, 2008; 2010). From last glacial to Holocene, the rate of change in ²³⁴U/²³⁸U is approximately 1 permil per thousand years. In this presentation, we introduce potential mechanism to explain these variations, which is closely linked to the sea-level changes and coastal environmental changes.

References:

Edwards et al. (1988) *Earth Planet Sci. Lett.*

Esat & Yokoyama (2006) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70, 4140-4150.

Esat & Yokoyama (2010) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74, 7008-7020.

Yokoyama & Esat (2004) *Global environmental change in the ocean and on land*, 1, 279-309.

Yokoyama & Esat (2011) *Oceanography*, 24, 54-69, doi:10.5670/oceanog.2011.27.

キーワード: 古気候, 古海洋, ウラン系列核種, 地球化学, 年代測定, 海面変動

Keywords: Paleoclimate, Paleoceanography, Uranium series isotopes, geochemistry, dating, sea level

北西オーストラリア Bonaparte 湾堆積物による最終氷期最盛期の古環境復元 Reconstructing paleoenvironmental changes around the Last Glacial Maximum in Bonaparte Gulf

石輪 健樹^{1*}, 横山 祐典¹, 上原 克人², 宮入 陽介¹, 鈴木 淳³, 池原 実⁴, オブラクタ スティーブン¹, 池原 研³, 木元 克典⁵, Julian Bourget⁶, 松崎 浩之⁷
Takeshige Ishiwa^{1*}, Yusuke Yokoyama¹, Katsuto Uehara², Yosuke Miyairi¹, Atsushi Suzuki³, Minoru Ikehara⁴, Stephen Obrochta¹, Ken Ikehara³, Katsunori Kimoto⁵, Julian Bourget⁶, Hiroyuki Matsuzaki⁷

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 九州大学応用力学研究所, ³ 独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門, ⁴ 高知大学海洋コア総合研究センター, ⁵ 独立行政法人海洋研究開発機構, ⁶ 西オーストラリア大学, ⁷ 東京大学工学系研究科

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, ² Research Institute for Applied Mechanics, ³ Geological Survey of Japan National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁴ Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ⁵ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁶ The University of Western Australia, ⁷ School of Engineering, the University of Tokyo

過去の海水準変動を復元することは気候変動の解明に繋がるだけでなく、マンツルの粘性率を求めるなど固体地球の情報を得ることができるため、地球科学研究で広く研究されている。第四紀の地球表面は、氷期?間氷期の繰り返しによる大陸氷床の消長に伴う海水準の変動により、海洋環境をはじめ、大きな気候変動を経験してきた。つまり過去の海水準変動の規模とタイミングを決めることで、地球表面環境変動の理解を深めることにつながる。現海面に近いところに過去の海水準の証拠が残っている間氷期のデータは比較的多いが、現在より海水準が50m以上低かった氷期の多くのデータはいまだに少ない。また、特に海水準上昇期には、堆積学的理由から堆積物の連続データが保存されやすいために海水準の記録が残っているが、氷床拡大期のデータの報告は極めて限られている。

およそ1.9万年前に終了した最終氷期に、巨大な氷床が存在した旧氷床域から遠いボナパルト湾は、Far-Fieldと呼ばれ、氷床荷重に伴うグレイシオアイソスタシーの効果が小さい。したがって、気候変動の研究で重要な氷床量相当海水準を復元するのに適している。ボナパルト湾は北西オーストラリアに位置する広い大陸棚であり、海水準が低かった時には浅海化、または陸化していたと考えられる(Yokoyama et al., 2000)。2011年に行われた白鳳丸KH11-1航海においてBonaparte湾で29本の堆積物コアの採取が行われた。本研究ではKH11-1PC01, KH11-1GC06のコアに着目した。これらのコアは海水準が最も低下した時期に海水準下もしくは海水面にあったと考えられ、堆積物の連続データが採取可能であるとえられる。

これらのコアに含まれていた貝の年代を東京大学工学系研究科タンデム加速器研究施設で放射性炭素年代測定により決定した。また堆積物中の全有機炭素量(TOC)、全窒素量(TN)を高知コアセンターにおいて測定した。KH11-1PC1, KH11-1GC06の双方のコアにおいて氷床拡大期に、TOC, CN比をはじめとしたプロキシが変化していることがわかった。これはBonaparte湾内の堆積環境が海水準変動によって変化したためと考えられ、氷床拡大期の海水準の位置を決定する指標になるとえられる。

Reference :

Mitrovica (2003) Quaternary Science Reviews, v22, p127-133; Lambeck et al. (2002) Quaternary Science Reviews, v21, p343-360; Yokoyama et al. (2000) Nature, v406, p713-716; Yokoyama et al. (2001) Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, v165, p281-297; Yokoyama and Esat (2011) Oceanography, v24, p54-69.

キーワード: 海水準, 最終氷期最盛期

Keywords: Sea Level, Last Glacial Maximum

大気ドームを持つ海底洞窟のアーカイブを用いた完新世の海水準・環境変動 Sea-level and environmental changes of Holocene using the archives of the submarine cave with the air-filled chambe

北村 晃寿^{1*}, 玉置 周子¹, 宮入 陽介², 横山 祐典²

Akihisa Kitamura^{1*}, Chikako Tamaki¹, Yosuke Miyairi², Yusuke Yokoyama²

¹ 静岡大学理学部, ² 東京大学大気海洋研究所

¹Institute of Geosciences, Shizuoka University, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

本研究では、沖縄本島最北端における石灰岩内に形成された大気ドーム内を持つ宜名真海底洞窟(水深15m)で、POS(潮汐に伴う水面変動の範囲内で形成された鍾乳石)、沈水鍾乳石および海生固着生物の遺骸を採取した。これらのアーカイブの14C年代値と高度から、過去5,745年間の海水準および環境変動を復元した。この鍾乳石の最外層の相対pMC値は102.44%であることから、鍾乳石はその環境下で形成されており、dead carbonの混入割合は7%であることが判明した。このような鍾乳石(POS)の発見は地中海以外で初めてである。宜名真海底洞窟のPOSの成長期間は5,745年間と見積もられ、この期間は世界最長である。地殻変動(-0.037mm/yr)を考慮すると、POSの14C年代と高度から、5,745年前の海水準は、現在の海水準から27?130cm上に位置すると推定される。宜名真海底洞窟の海生固着生物の高度と年代から、3,150年前以降に洞窟内の汽水レンズが厚くなったことが示唆された。これは3,150年前以降に石灰岩の透水性が増加したことを示す。さらに、洞窟内の汽水レンズは、小氷期の降水量の減少によって、540?360年前に一時的に薄層化した可能性がある。

キーワード: 大気ドーム, 海底洞窟, 完新世, 海水準変動, 環境変動, 沖縄

Keywords: air dome, submarine cave, Holocene, sea-level changes, environmental changes, Okinawa

沖縄本島周辺海域における現世底生有孔虫群集 Distribution of recent benthic foraminifera around the Okinawa Island

内村 仁美^{1*}, 長谷川 四郎¹
Hitomi Uchimura^{1*}, Shiro Hasegawa¹

¹ 熊本大学大学院自然科学研究科

¹ Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

底生有孔虫は様々な海洋底環境に鋭敏に反応し、さらに地層中に化石として豊富に産出するため、古海洋環境の復元に広く利用されている。また、そのための基本情報となる現世底生有孔虫分布の研究が進められている。本研究目的は、沖縄本島周辺海域における現世底生有孔虫分布を明らかにし、コア試料を用いた研究で詳細に分析できるように資料を整備することである。

本研究では、沖縄本島の周辺海域で実施された産業技術総合研究所のGH08, 09, 10 航海により採取された表層堆積物について、琉球列島の太平洋（日本海溝）側と東シナ海（沖縄トラフ）側より、地形と水深を考慮して56地点を選定した。各試料の表層部0-2 cmの試料について、船上でローズベンガル染色を行い、室内処理として、開口径63 μmのふるいで水洗し乾燥させて、含泥率を算出した。さらに乾燥した粗粒部を底生有孔虫が200個体前後になるまで分割を繰り返し、最少分割分から全有孔虫を拾い出して同定・計数を行った。

調査により、現時点で38属103種を同定した。各試料の群集組成を比較検討した結果、群集A-Dの4群集に大別できた。それぞれの特徴種は、群集A：磁器質有孔虫, *Amphistegina* spp., 群集B：Globocassidulina subglobosa, Pullenia bulloides, Pseudoparrella exigua, Oridorsalis umbonatus, 群集C：Bolivina robusta, Uvigerina proboscidea, 群集D：Cibicides spp. である。群集Aから群集Cまでは主として水深で区分され、水塊構造との対応が考えられる。群集Dの分布には、底質との関連性が考えられる。

さらに、群集Aの *Amphistegina* 属は、サンゴ礁などの極浅海域に生息することが知られているが、本島周辺海域ではより深い深度帯でも確認され、特に本島西側では1000m近くにまで分布している。これは、堆積物の浅部から深部への移動の影響を反映していると推定される。

サンゴ骨格に記録される炭素同位体比の vital effect の実態解明に向けたサンゴポリプモデルの開発

A coral polyp model with a carbon stable isotope module for clarifying vital effect in coral skeletal records

中村 隆志^{1*}, 灘岡 和夫¹, 渡邊 敦¹, 宮島 利宏², 渡邊 剛³

Takashi Nakamura^{1*}, Kazuo Nadaoka¹, Atsushi Watanabe¹, Toshihiro Miyajima², Tsuyoshi Watanabe³

¹ 東京工業大学大学院情報理工, ² 東京大学大気海洋研, ³ 北海道大学大学院理学研究院

¹Tokyo Institute of Technology, ²AORI, the Univ. of Tokyo, ³Faculty of Sciences, Hokkaido Univ.

Carbon stable isotope ratio ($d^{13}C$) recorded in coral skeletons exhibits annual variations and is considered to be controlled by the $d^{13}C$ of the dissolved inorganic carbon (DIC) in the ambient seawater and by metabolic activities such as photosynthesis and feeding (Weber et al. 1976; Erez 1978; Fairbanks and Dodge 1979; McConnaughey 1989; Felis et al. 1998; Reynaud-Vaganay et al. 2001). However, because of the complexity of the internal processes, the mechanism of the internal isotope effect (called the "vital effect") has been less understood, and the extraction of useful paleoenvironmental proxy from $d^{13}C$ data has been less successful compared with $d^{18}O$ as a temperature and salinity proxy.

Recently, we developed a coral polyp-scale numerical simulation model (Nakamura et al. under review), which is constructed with three components (ambient seawater, coelenteron and calcifying fluid), and incorporates photosynthesis, respiration and calcification processes with transcellular ion transport by Ca-ATPase activity, and passive transmembrane CO_2 transport and diffusion. The model calculates dissolved inorganic carbon (DIC) and total alkalinity (TA) in the ambient seawater, coelenteron and calcifying fluid, dissolved oxygen (DO) in the seawater and coelenteron and stored organic carbon (CH_2O). To reconstruct drastic variation between light and dark respiration, respiration rate dependency on DO in coelenteron is incorporated. Calcification rate depends on aragonite saturation state in calcifying fluid. The aragonite saturation state increases due to Ca-ATPase driven by the energy generated by the respiration. Our simulation result well reconstructed the "light-enhanced calcification", the basic responses of internal CO_2 system and DO, and calcification rate responses to the ambient aragonite saturation state. This model describes an internal DIC pass and mass balance inside the polyp. Therefore, considering the isotopic fractionation of each path, the ^{13}C mass balance module may be easily incorporated into the polyp model. The aims of this study are to develop a carbon stable isotope module for the coral polyp model to shed light on the "vital effect", and to verify its applicability as paleoenvironmental proxy.

There are two primary factors to explain the "vital effect" of carbon stable isotope; (1) kinetic isotope effect through the CO_2 hydration and hydroxylation in the calcifying fluid (e.g. McConnaughey et al. 1997), and (2) influx of lighter CO_2 into the calcifying fluid by respiration (e.g. Goreau 1977). To evaluate the efficiency of the kinetic isotope effect, the model was examined for two hypothetical cases: (1) all CO_2 system is equilibrium and (2) CO_2 hydration and hydroxylation is nonequilibrium; and to evaluate the efficiency of CO_2 passage by respiration to calcifying fluid, some different rates of the CO_2 flux were tested.

The results of the simulations showed that the kinetic isotope effect was not enough to decrease coral skeletal $d^{13}C$. On the other hand, the CO_2 flux by the respiration decreased the skeletal $d^{13}C$ and the simulated $d^{13}C$ reached to a measured level. Therefore, it is considered that the CO_2 flux by the respiration is the most important process for the "vital effect" of coral skeletal $d^{13}C$. Our model reconstructed clear seasonal variations of skeletal $d^{13}C$. In this result, $d^{13}C$ in the summer is lighter than that in the winter. Some coral records show similar trends with our simulation, but some ones indicate opposite trends. In this simulation, because the $d^{13}C$ of DIC in the ambient seawater and temperature are assumed to be constant, the simulated seasonal change is caused only by the seasonal light intensity change. However $d^{13}C$ of DIC in the ambient seawater and temperature must have seasonal change, and the skeletal $d^{13}C$ must be affected by these factors directly or indirectly. Therefore, to reconstruct the coral skeletal $d^{13}C$, these factors also need to be considered.

キーワード: サンゴポリプモデル, 炭素安定同位体比, vital effect, 数値シミュレーション

Keywords: Coral polyp model, carbon stable isotope ratio, vital effect, numerical simulation

IODP 第310次航海のタヒチ化石サンゴのホウ素同位体から復元される最終退氷期における赤道太平洋の古海洋復元 Last deglacial paleoceanography in equatorial Pacific reconstructed from boron isotopes of Tahitian fossil corals

窪田 薫^{1*}, 横山 祐典¹, 石川 剛志², 井上 麻夕里¹, 鈴木 淳³
Kaoru Kubota^{1*}, Yusuke Yokoyama¹, Tsuyoshi Ishikawa², Mayuri Inoue¹, Atsushi Suzuki³

¹ 大気海洋研究所, ² 海洋研究開発機構, ³ 産業技術総合研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, ² Japan Agency for Marine Science and Technology, ³ Advanced Industrial Science and Technology

南極アイスコアによって過去 80 万年間の氷期-間氷期サイクルにおける表層温度と大気中の $p\text{CO}_2$ との密接な関係が明らかになった。深海の炭素リザーバーは地球表層においては最大であるため、その約 80 - 100 ppm もの変動幅の大部分は深海の炭素リザーバーの変動が原因であると考えられている。そうした炭素リザーバーの海洋中の貯蔵場所や軌道スケール・千年スケールの気候変動時の移動経路を求める研究が数多くなされてきたが、決定的な証拠は依然として得られていない。現在赤道湧昇によって最も大きな炭素放出が起きている熱帯太平洋は、最終退氷期 (19.0 - 11.4 ka) における $p\text{CO}_2$ 上昇のもととなった深海の炭素放出源の候補の一つである。タヒチは赤道湧昇 (冷舌) の影響のおよぶ海域の縁辺部に位置し、過去の変化に対して敏感であると考えられる。本研究では、統合深海掘削計画の一環として行われたタヒチの沈水サンゴ礁掘削 (IODP 第 310 次航海) によって得られた化石ハマサンゴ (*(i)Porites(i) spp.*) のホウ素同位体を測定することで過去の表層水の pH 復元を行った。化石サンゴは主にウランの壊変系列を用いた高精度の年代決定がなされているため、アイスコアの $p\text{CO}_2$ との直接的な対比が可能である。また、先行研究のデータをもとに赤道太平洋周辺の最終退氷期の海洋リザーバー年代も併せて復元を行った。その結果、最終退氷期の特に関心するハイネリッヒ・イベント 1 とヤンガー・ドリアス期に pH が低く、放射性炭素により枯渇した海水が赤道太平洋の表層水に広がっていたことが明らかになった。これはタヒチの北東に位置するマルキーズ諸島で得られた化石サンゴやパプアニューギニア沖の堆積物コア中の浮遊性有孔虫殻のホウ素同位体による pH 復元結果とも整合的である。したがって、この千年スケールの気候変動時における pH が低く、古い放射性炭素年代を持った海水はタヒチ周辺だけでなく、赤道太平洋全体に広がっていたと考えられる。これは、太平洋の古海洋と全球的な気候変動とが海洋循環を介して関係していた可能性を示唆している。特にハイネリッヒ・イベント 1 とヤンガー・ドリアス期において、湧昇の強化または湧昇水の化学的な組成変化がおこったものと考えられる。

キーワード: ホウ素同位体, ハマサンゴ, 統合深海掘削計画, タヒチ, 赤道太平洋, 最終退氷期

Keywords: boron isotope, porites spp., Integrated Ocean Drilling Program, Tahiti, equatorial Pacific, the last deglaciation

アフリカ大陸における多様な棲息環境を反映するカタツムリ殻の炭素・酸素安定同位体比

Stable C and O isotope ranges of African land snail shell reflect different ecosystems

沢田 順弘^{1*}, Dettman David², Pickford Martin³

Yoshihiro Sawada^{1*}, David Dettman², Martin Pickford³

¹ 島根大学名誉教授, ² アリゾナ大学地球科学科, ³ フランス国立自然史博物館

¹ Professor Emeritus, Shimane University, ² Geoscience Department, University of Arizona, ³ Museum National d'Histoire Naturelle, France

カタツムリ (Land snails) は多様な環境に棲息し、また化石として陸生層に含まれることもあることから、環境指標として有効となる可能性が高い。本研究はアフリカ大陸の様々な棲息環境から集めた現生カタツムリの石灰殻について、成長線に沿って多数の粉末試料を採取し、それらの炭素・酸素安定同位体値の時間 (季節) 変化から、季節変化、食性、棲息環境との関係を明らかにすることを目的とする。

現在までに得られた結果は以下のようにまとめられる。炭素安定同位体：一固体での変動は一般に少ない。違いは気候環境よりもむしろ食性、例えば C3, C4 植物、や岩屑、岩盤、土壌から摂取する炭酸塩物質の違いによると考えられる。酸素安定同位体：熱帯雨林、高地森林地帯、砂漠など乾季・雨季のないところでは変動は少ない。砂漠地域は熱帯雨林に比べ、やや高い同位体値を示す。一方、乾季・雨季の季節変化が著しいサバンナ地域や一部の地中海気候地域では変動が著しい。同一環境下で棲息する異なった属の同位体値を見た場合、類似した値を示すものと異なった値を示すものがある。同じ属に属するものでも、棲息環境の違いによって同位体値が著しく異なるものがある。例えば Achatina の酸素同位体比で、サバンナ気候のケニア、Pakasi 地域のものは +5.4 ~ -5.4 ‰ に対して、熱帯雨林のタンザニア、Pemba 島のものは +0.1 ~ -2.8 ‰ を示す。結論としてカタツムリ炭酸塩殻の炭素・酸素安定同位体比変化幅は棲息環境や食性を強く反映するものであり、カタツムリ化石の同定と同位体比変化幅を組み合わせることによって古環境や古気候の推定が可能である。

[Tropical forest] Leptocala (Lastourville, Gabon) d13C: -11.28 ~ -13.28; d18O: -0.97 ~ -3.29; Trochnanina (Lastouvilla, Gabon) d13C: -14.20 ~ -15.56; d18O: +0.39 ~ -1.74; Thapsia (Lastouvilla, Gabon) d13C: -11.80 ~ -13.35; d18O: -1.37 ~ -3.55; Limicolaria (Mabira forest, Uganda) d13C: -12.68 ~ -15.36; d18O: +1.01 ~ -3.85; Achatina (Pemba Island, Tanzania) d13C: -8.45 ~ -13.02; d18O: +0.13 ~ -2.83

[Upland forest] Limicolaria (Kipsaraman, Kenya) d13C: -9.37 ~ -11.41; d18O: +1.41 ~ -2.13; d18O: Limicolaria (Aleikilek, Uganda) d13C: -9.01 ~ -12.11; d18O: +2.61 ~ -0.82

[Upland woodland] Limicolaria (Napak, Uganda) d13C: -7.90 ~ -10.02; d18O: +3.45 ~ -0.07; Trochnanina (Napak, Uganda) d13C: -0.24 ~ -5.22; d18O: +1.63 ~ -1.25; Limicolaria (Koru, Kenya) d13C: -8.35 ~ -12.33; d18O: +2.03 ~ -2.23

[Savannah woodland] Xeroceratus (Aigamas, Namibia) d13C: -6.37 ~ -7.99; d18O: -2.31 ~ -7.76; Achatina (Pakasi, Kenya) d13C: -5.96 ~ -10.90; d18O: +5.38 ~ -5.42

[Mediterranean (winter rain fall)] Helicopsis (Agadir, Morocco) d13C: -3.19 ~ -4.62; d18O: +0.74 ~ -0.99; Rumia (Agadir, Morocco) d13C: -9.27 ~ -9.80; d18O: +5.76 ~ -1.08; Kabyliya (Agadir, Morocco) d13C: -5.31 ~ -7.01; d18O: +3.48 ~ -0.07

[Semi-desert] Dorcasia (Remhoogte, Namibia) d13C: -5.91 ~ -8.58; d18O: +3.89 ~ -0.12; Bloyetia (Kogole, Uganda) d13C: -5.96 ~ -7.32; d18O: +2.79 ~ -1.21

[Desert] Dorcasia (Skilpadberg, Namibia) d13C: -0.18 ~ -1.03; d18O: +3.37 ~ 1.26; d18O: Trigonephrus (Bogenfels, Namibia) d13C: -0.20 ~ -2.75; d18O: +5.70 ~ 3.27

現在追加試料として以下の地域から採取したカタツムリについて炭素・酸素安定同位体比分析が行われている。savannah woodland near Lake Albert; semi-arid woodland steppe, Uganda; savannah bushland, Kenya; coastal steppe, Oman; and desert, Namibia

キーワード: 古環境, 古気候, カタツムリ, 炭素同位体, 酸素同位体, アフリカ

Keywords: paleoenvironment, paleoclimate, land snail, carbon isotopes, oxygen isotopes, Africa

北大西洋における過去30万年間の氷期の環境変動 Glacial North Atlantic variability during the past 300,000 years.

オブラクタ スティーブン^{1*}, 横山 祐典¹
Stephen Obrochta^{1*}, Yusuke Yokoyama¹

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ University of Tokyo Atmosphere Ocean Research Institute

A combined record from Sites DSDP 609/IODP U1308 spans the last three glacial intervals. Hudson Strait (HS) Heinrich Events appear to slightly precede weak East Asian summer monsoon events, as indicated by the absolutely-dated Hulu and Sanbao speleothem records. While the Stage 8 interval exhibits similar variability as the last glaciation (i.e., HS Heinrich Events and well-defined IRD cycles), North Atlantic conditions during the penultimate glaciation suggest an anomalously stable Laurentide Ice Sheet (LIS). No large ice rafting events are detected in multiple locations across the North Atlantic, and the flux of IRD during "H11" (not sourced from the HS) is an order of magnitude lower than the average for those of the last glaciation. In the absence of significant millennial events, orbital solar insolation appears to have been the primary driver of climate variability. The Site U1308 record of Icelandic volcanic glass indicates sea ice expansion corresponding to low precession and a weakened East Asian Monsoon. If the Eurasian Ice Sheet was significantly larger during the penultimate glaciation, but total ice volume was similar to the last glaciation, glacial stability during Stage 6 could have been the result of a small LIS that was less prone to surging and large freshwater release.

異常な間氷期ステージ 19 の磁気 - 気候層序 Magneto-, and climate stratigraphy of abnormal interglacial MIS 19

兵頭 政幸^{1*}, 北場 育子¹
Masayuki Hyodo^{1*}, Ikuko Kitaba¹

¹ 神戸大学自然科学系先端融合研究環内海域環境教育研究センター
¹ Research Center for Inland Seas, Kobe University

海洋酸素同位体ステージ 19 は、中緯度域において氷河性海面上昇ピークの約 5000 年後に最温暖期が起こる異常な間氷期である。しかも、同ステージは更新世前期 - 中期境界の候補であるマツヤマ - ブリュンヌ地磁気極性境界を含む。したがって、ステージ 19 の古環境変動を正確に把握することは古気候学的にも地質層序学的にも重要である。本研究では詳細な古地磁気と古気候データが出されている大阪湾コアの海成層 Ma4 (ステージ 19 相当) の年代モデルを更新し、ステージ 19 の地質層序を千年スケールで議論する。同コアではこれまで主に平均堆積速度 (約 60cm/ka) を使う線形年代モデルが用いられてきたが、本研究では珪藻化石データによる海面プロキシを軌道調節する方法を用いた。海洋酸素同位体スタック LR04 と同じ氷体量モデルを使い、最高海面期は LR04 そのものに合わせた。新しい年代モデルは、堆積速度がステージ 19 の最初期に半減するが、その期間を除けばほぼ一定であることを明らかにした。同年代モデルに基づくステージ 19 の古環境イベントの年代は以下ようになった。1) 同位体イベント 19.3 に対比される最初の高海面期が 784ka から 778ka に起こる。その間、海面はいちど短期間だけ低下し、780ka にピークをとる。2) ステージ 20 終了後の温暖化は、783ka ~ 778ka の寒冷化で一時中断するが、778ka 以降は急激に温暖化がすすむ。最温暖期は 776ka から 774ka に起こり、それ以降気温はゆっくりと低下する。3) 同位体イベント 19.1 に対比される 2 度目の高海面期が 768ka から 762ka に起こる。4) 地磁気逆転に伴う地磁気強度減少は 784ka に始まり 776ka まで続く。その間、一時的な強度の回復と複数の極性反転が起こる。地磁気強度減少の開始年代は、世界中の深海底コアでほぼ同時に観測されているが、終了年代は本研究より若く報告されているケースが多い。

キーワード: 古気候, 間氷期, ステージ 19, マツヤマ - ブリュンヌ境界, 前期 - 中期更新世境界, 気候層序

Keywords: paleoclimate, interglacial, stage 19, Matuyama-Brunhes polarity boundary, early-middle Pleistocene boundary, climate stratigraphy

Pliocene anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) from the Wilkes Land margin Pliocene anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) from the Wilkes Land margin

杉崎 彩子^{1*}, Lisa Tauxe², 岩井 雅夫³, Tina van de Fliedert⁴, Carys P. Cook⁴, Francisco J. Jimenez-Espejo⁵, Sandra Passchier⁶, Ursula Rohl⁷, Jhon Gonzalez⁵, Carlota Escutia⁵
Saiko Sugisaki^{1*}, Lisa Tauxe², Masao Iwai³, Tina van de Fliedert⁴, Carys P. Cook⁴, Francisco J. Jimenez-Espejo⁵, Sandra Passchier⁶, Ursula Rohl⁷, Jhon Gonzalez⁵, Carlota Escutia⁵

¹ 東京大学, ² Scripps Institution of Oceanography, ³ 高知大学, ⁴ Imperial College London, ⁵ IACT-CSIC-Univ. Granada, ⁶ Montclair State University, ⁷ MARUM, University of Bremen

¹ The University of Tokyo, ² Scripps Institution of Oceanography, ³ Kochi University, ⁴ Imperial College London, ⁵ IACT-CSIC-Univ. Granada, ⁶ Montclair State University, ⁷ MARUM, University of Bremen

During IODP Expedition 318, Site U1361 was drilled offshore from the Wilkes subglacial basin on the continental rise to reconstruct the stability of the East Antarctic Ice Sheet (EAIS) during Neogene warm periods, such as the late Miocene and the early Pliocene. As the drilled core has a complex story of compaction, erosion (thus hiatuses), unconformities, and possibly artificial disturbance, identifying these is important for reconstructing paleoenvironments. An unconformity, WL-U8, was found at ~100 mbsf during the cruise; this is considered as a result of the transition from a dynamic to a persistent ice sheet. Anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) is sensitive to lithological changes and differential compaction. At Site U1361, highly anisotropic layers correspond with lithologic boundaries and hiatuses. During the Pliocene, the degree of anisotropy was controlled by the presence or absence of diatoms as opposed to in the late Miocene. Here we present a detailed study of the relationships between sediment compaction based on AMS fabric and variations in diatom taxa and magnetic mineralogy to identify the remarkable ice retreat and the geological response to the transition of dynamic to persistent ice sheet. There is a clear correlation between degree of anisotropy and moisture content. Where moisture content is high, the layer is more isotropic, and vice versa. Moreover, layers with the most abundant diatom valve concentration are characterized by more isotropic AMS fabrics. There are also strong rock magnetic indications for changes in the sources of the magnetic minerals above and below the interval of WL-U8 and Miocene to Pliocene transition. We will describe our AMS and rock magnetic stratigraphy to 1) characterize sediments compaction as a function of diatom taxa variation and 2) detect the sources of magnetic mineralogy throughout Miocene to Pliocene.

キーワード: Wilkes Land, Anisotropy of magnetic susceptibility, Pliocene, Miocene

Keywords: Wilkes Land, Anisotropy of magnetic susceptibility, Pliocene, Miocene

久米島の陸上地質から見た、NE-SW 性の沖縄トラフのリフティングに先立つ、3~2Ma の NW-SE 性の慶良間リフトの形成と黒潮の流入
 NW-SE Kerama rift valley formed at 3 to 2 Ma and inflow of the Kuroshio warm current, prior to the 1.5 Ma main rifting

遅沢 壮一^{1*}Soichi Osozawa^{1*}¹ 東北大学理学研究科地学専攻¹ Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Tohoku University

カラー地質図付きの久米島の地質は久米島ホテル館から出版予定である。

17Ma: 沖縄トラフ拡大前の中国大陸縁辺は陸弧であった(拡大した沖縄トラフの海底部分を元に戻せば良い)。陸弧は火山弧を伴い、久米島はその火山弧の一部をなしていた。阿良岳層の安山岩はその火山活動で噴出した。その火山(群)は内陸の陸上にあった。変質は火山のやや深部で、噴出とほぼ同時に起こっている。基盤の変成した泥岩が捕獲岩として取り込まれているが、その地質学的な帰属は不明である。

7Ma: 火山活動は1.7Maの短期間で終了し、その後、浸食された。現在の阿良岳やフサキナ山などは、このような陸上浸食の結果で、元の火山体を表している訳ではない。

陸弧は太平洋に面していて、その縁辺・沿岸には(例えば、沖縄本島南部) 10Maから、島尻層群が堆積した。7Maから、現在と同じように、慶良間海峡に沿って、少なくとも久米島まで切れ込んだ深い湾が生じた。久米島はこの湾の一部となり、湾入に伴って沈降し、浸食された変質安山岩の凹凸を覆って、真謝層下部のシルト岩?砂岩が堆積した。安山岩の山の麓には崖錐性の礫岩が堆積し、陸上植物の遺骸も含まれる。この海は、牡蠣の化石床を伴うことなどから、潮間帯付近の水深をもつ時期があったと言える。斜交層理も見られ、砂礫岩やシルト岩は南西方から供給されている。礫種は変質安山岩なので、供給源は久米島かごく近傍の安山岩の山塊である。また、例外なく円礫岩であるので、河川による円礫作用、つまり大きな陸上河川の発達を推定される。

6Ma: 奥武島と周辺での、高 Mg 安山岩が貫入した。規模は大きく、地表では溶岩を生じた可能性が有るが、図では、不整合で浸食された状況を表している。この頃、真謝層は無堆積であった。

3Ma: 真謝層の上部層が堆積した。大型の斜交層理はデルタを表す可能性が有り、そのデルタは揚子江のものという指摘がある(例えば、中村ほか、1999)。しかし、古流向は、引き続き、南西から北東で、揚子江に期待される流れの向きと逆になっている。このような大型斜交層理は、房総半島では、黒潮由来と解釈されている(例えば、平、2004)。もし湾入が現在の揚子江流域や中国の中央平原まで続いている大規模なものであれば、出口が無いが、分流した黒潮起源であるという解釈も成り立つかも知れない。

真謝層最上部のチャート円礫岩は、南西方での河川の発達に加えて、後背地の情報を提供する。それは渡名喜島のような付加体からなる地帯である。つまり、南西方には、現在と同じく、そのような付加体の高まりがあった。

チャート円礫岩の真上には軽石凝灰岩が、依然、浅海で堆積している。下位にも細粒凝灰岩の報告が有り、真謝層の堆積期間を通じて、火山灰を放出する島弧の火山活動があった。

2Ma: 真謝層を堆積させた海底は干上がって、陸化した。火山活動に伴う“静的”隆起とするのが考え易い。この平坦面を宇江城層下部の玄武岩溶岩が覆った。この溶岩は山体を作らず、台地玄武岩を連想させる。さらに、凝灰角礫岩を伴うが、厚い安山岩溶岩が、これも恐らく、山体を作らず、台地状に広がった。台地玄武岩はNW-SE性の海洋底拡大を表す可能性が有る。そうだとすると、7Maととくに3Maの島尻層群の堆積は、海洋底拡大に先立つ、リフティング開始と沈降によるものかも知れない。

1.5Ma: 沖縄トラフが全域で拡大を開始した。沖縄本島では、北東?南西走向で北西落ちの名護断層が生じ、その半地溝には砂礫岩、さらに海成シルト岩が堆積した。久米島でも、逆センスであるが、また久米断層は幻であったが、同じ走向の正断層が想定される。正断層運動に伴って、宇江城層以下の地層を北西に傾動させた。また、引き摺りに伴い、南東側には緩い背斜が生じた。相対的な隆起部は大きく削剥された。これらの事件は全体としては沈降を伴い、久米島の北東側と南東側、それぞれで、海面下となった部分には、最初に基底礫岩や砂礫岩、さらに珊瑚礁が生じて、石灰藻球石灰岩が堆積した。

0.02? Ma: 久米島全体は数 m 沈降して、島を取り巻く海食崖が形成され、海食台には堂崎層の珊瑚石灰岩が堆積した。堆積後、同じく正断層運動に伴うが、前回とは逆に、島は南東へ傾動して、島の北東側では数 m 隆起したが、島の南東側では海面下に沈降した。新たに、珊瑚礁がほぼ島を取り巻いて生じた。

キーワード: 久米島, 7, 3Ma 島尻層群, NW 斜交層理, 黒潮, 2Ma 台地玄武岩, NW-SE リフティングと海洋底拡大, 1.5Ma の NE-SW 沖縄トラフ拡大以前

Keywords: Kume-jima, 7 and 3 Ma Shimajiri Group, giant cross stratification toward NW, Kuroshio, 2 Ma Plateau basalt, NW-SE

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



APE34-11

会場:103

時間:5月20日 17:00-17:15

rifting and sea floor spreading, prior to 1.5 Ma rifting of NE-SW Okinawa Trough

房総半島南端に分布する鮮新?更新統の層序および古海洋
Stratigraphy and paleoceanography for the Plio-Pleistocene marine sequence distributed
in the southern most part of the

岡田 誠^{1*}
Makoto Okada^{1*}

¹ 茨城大学理学部
¹Dept. of Earth Sci., Ibaraki Univ.

Based on magnetostratigraphy and oxygen isotopic stratigraphy using benthic foraminifers, an integrated chronostratigraphy has been reconstructed for middle part of the Chikura Group including the Plio-Pleistocene boundary distributed on the southernmost part of the Boso Peninsula, central Japan. The results indicate that, the studied sequence is correlated with from the middle Gauss chronozone to the Olduvai subchronozone, and the LR04 (Lisiecki and Rymo, 2005, *Paleoceanography*, 20) marine isotope stages (MIS) from MG4 through 61.

The Matuyama/Gauss boundary detected at the sequence is situated on MIS 103, not on MIS 104 that is described in the LR04 time scale. This interpretation is consistent with the boundary position reported at the Mediterranean sapropel stratigraphy.

Planktonic foraminifera assemblage has analyzed for the sequence between 3.2 to 2.4 Ma, and the results demonstrated that the mixed water (between the Kuroshio and Oyashio waters) dwelling species dominate for most of the sequence. However, the ratio of the Kuroshio dwelling species against the total of the Kuroshio and Oyashio dwelling species (except for the mixed water one) indicates that Kuroshio has been quite strong stably before 2.7 Ma and Oyashio has just started to influence after that time at around the Boso Peninsula. A record of biogenic opal shows a cyclic variability might be associated with glacial-interglacial changes. This variability seems to decrease slightly, but does not show any drastic drop at around the Plio-Pleistocene boundary observed in the Northern Pacific (eg. Haug et al., 1999, *Nature*, 401). On the other hand, a nitrogen isotopic ratio of organic matter progressively increases through the whole sequence. These results suggest that nutrient uptake has gradually but never drastically decreased across the Plio-Pleistocene boundary at around the Boso Peninsula.

キーワード: 鮮新世-更新世境界, 酸素同位体比層序, 古地磁気層序, 浮遊性有孔虫, 黒潮

Keywords: Plio-Pleistocene boundary, oxygen isotopic stratigraphy, magnetostratigraphy, planktonic foraminifera, Kuroshio current

バイオマーカーに記録された中期-後期中新世の古日本海北東端部における海洋一次生産変動

Variation in marine primary production recorded by biomarker in northeastern edge of paleo-Japan Sea during the Miocene

風呂田 郷史^{1*}, 沢田 健¹, 川上 源太郎²

Satoshi Furota^{1*}, Ken Sawada¹, Gentaro Kawakami²

¹北海道大学理学院理学研究院, ²道総研地質研究所

¹Faculty of Science, Hokkaido University, ²Geological Survey of Hokkaido, HRO

中期-後期中新世は、日本海や北太平洋の広い範囲で珪藻の海洋生産が劇的に増加したことで知られる。特に、浅海-半遠洋域は陸源物質の供給や沿岸湧昇に伴う深層からの栄養塩供給によって、活発な海洋生物生産が行われていたと考えられる。本研究では北海道中央部の中-上部中新統川端層堆積岩試料へのバイオマーカー分析を適用し、堆積環境の復元を行うとともに、中期-後期中新世における日本海東北縁部の浅海域における海洋生物生産変動を復元した。

中新世(約23Ma-5.3Ma)は、約15Maの中期中新世気候温暖期(Mid-Miocene Climatic Optimum)を境に、過去の温暖な気候から寒冷な気候へと変わる、全球的な気候の転換期として知られている。南極氷床の拡大や、アジアモンスーンの強化もこの時期に始まったと考えられており、全球的な寒冷化過程における世界各地の古環境変動を理解するうえで重要な時代であると考えられる(Zachos et al., 2001)。さらに、海洋生物生産にも大きな変化が生じており、北太平洋や日本海において珪藻の生産量が劇的に増加したことが明らかになっている(Barron, 1998; 山本ほか, 1999)。同時に、陸域におけるC₄植物の植生拡大が指摘されており、それに起因する大陸から海洋へのシリカ供給量の増加が珪藻生産を強化させた可能性も指摘されている(Falkowski et al., 2004)。

一方、日本海の拡大も前期中新世から始まったと考えられており、生物源シリカやバイオマーカーの研究から、北太平洋と同様に珪藻が主要な基礎生産者であったことが報告されている(Tada, 1994; 山本ほか, 1999)。さらに、活発な珪藻生産と還元的な堆積場が原因となり、女川層をはじめとした石油の根源岩が形成されたと考えられている。

これらのことから、中期-後期中新世にかけての日本近海における海洋生産の変動は北太平洋全体の古海洋環境変動を理解する上でも、また日本海的环境変動史を理解する上でも重要である。その中でも特に、浅海-半遠洋域には陸源物質の供給や沿岸湧昇に伴う栄養塩供給などの様々な要因によって活発な海洋生物生産の場が形成されていたと考えられる。しかしながら、重力流堆積物をはじめとした複雑な堆積システムが発達するため、古環境復元は十分行われてこなかった。そこで本研究では、北海道夕張地域に広がる中新統川端層へのバイオマーカー分析を行い、堆積環境の復元を行うとともに、日本海北東縁部における中期-後期中新世の古海洋環境変動の復元を試みた。川端層は古日本海の北東縁部にあたる石狩海盆を埋積したタービダイト性の地層である。介在する凝灰岩のFT年代と、稀に発見される珪藻化石から中期-後期中新世にかけて形成されたと考えられている(川上ほか, 2002)。

川端層泥岩試料のバイオマーカー分析の結果、真核藻類全般に由来する炭素数27のステランと陸上植物に由来する炭素数29のステランの比は、浅海域の堆積物と類似した値を示し、川端層泥岩部に浅海域の古環境情報が記録されていることが示された(Sawada, 2006)。また、分析したほとんどの試料で酸化還元指標であるPr/Phの値が1.5以下の還元的な値を示し、当時の石狩海盆は還元的な堆積場であったことが示唆された。さらに、これらの堆積岩試料からは*Thalassiosira*などの珪藻に由来する24-ノルコレスタンと、*Rhizosolenia*などの珪藻に由来する高分岐鎖イソプレノイドアルカン(HBI-アルカン)・チオフェン(HBI-チオフェン)が検出された(Rampen et al., 2006; Sinninghe Damste et al., 2004)。総有機炭素量あたりにおける珪藻バイオマーカー量の変動は、真核藻類全般に由来するステラン量の変動と相関が良く、当時の日本海北東縁部の浅海域において珪藻が主要な一次生産者であったことが示唆された。さらに、珪藻バイオマーカーが多く含まれる層準のPr/Phの値は、極めて還元的な堆積環境を示した。そのため、海洋表層における珪藻の活発な生物生産が石狩海盆を還元化させていたと考えられる。また、珪藻バイオマーカーは後期中新世において増加する傾向を持っており、この傾向は女川層や北太平洋で報告されている珪藻生産の変動と調和的である(Barron, 1998; 山本ほか, 1999)。本発表では、川端層のバイオマーカー分析から明らかになった日本海東北縁部における珪藻生産の変動を、女川層や北太平洋で報告されている変動と照らし合わせることで日本海東北縁部の浅海域における珪藻生産の変動とその要因について議論する。

キーワード: 中新世, 日本海, 古海洋, バイオマーカー, 珪藻, タービダイト

Keywords: Miocene, Japan Sea, paleoceanography, biomarker, diatom, turbidite

新生代末期四国海盆への黒潮による堆積物供給

Sediment supply to the Shikoku Basin by the Kuroshio Current during the latest Cenozoic era

齋藤 有^{1*}, 石川 剛志², 谷水 雅治², 村山 雅史¹

Yu Saitoh^{1*}, Tsuyoshi Ishikawa², Masaharu Tanimizu², Masafumi MURAYAMA¹

¹ 高知大学海洋コア総合研究センター, ² 海洋研究開発機構高知コア研究所

¹Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ²Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC

IODP site C0011 で掘削採取された新生代末期の半遠洋性泥累重の Sr-Nd-Pb 同位体比分析の結果, C0011 周辺海域では, 5Ma に黒潮が開始し, 3Ma にかけて徐々に強化されたことが示唆された. このサイトの 4.2~5Ma における碎屑性泥粒子の同位体比は, 日本列島由来の堆積物とは大きく異なり, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ は沖縄トラフの堆積物と近く, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ・ $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ は長江堆積物の値に類似する. 一方, 黄砂の供給源である中国内陸の値と比べると, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ・ $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ は類似するものの, C0011 では $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ が $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ に対して明らかに高い. C0011 半遠洋性泥の 5~0Ma の同位体比は, 東シナ海由来と本州由来の堆積物の混合で説明され, 半遠洋性泥の一部は東シナ海から四国海盆へ黒潮に浮遊して運搬されたはずである. 九州パラオ海嶺が障壁となるため, 東シナ海大陸棚から四国海盆への堆積物の重力流や底層流による運搬は考えにくい.

沖縄トラフの堆積物と南海トラフ陸側斜面の堆積物を端成分とすると, C0011 における 5~4.2Ma の堆積物の 60~100% は東シナ海由来である. その比率は次第に低下し, 3Ma で 40% を切る. 5Ma 以前にはその比率は 30~70% で, 3Ma 以降は最大 50% である. 3Ma 以降はそれ以前に比べて堆積速度が 6.7 から $2.8\text{g cm}^{-2}\text{ kyr}^{-1}$ へと急激に低下するため, 東シナ海からの寄与は 3Ma を境に量的にも大きく減少したことが分かる.

以上のことから新生代末期の黒潮の履歴が以下のように推測される. 5-4.2Ma: 東シナ海から四国海盆へ粒子を運搬することができる程度に強い海流が発達した. 4.2-3Ma: その海流が成長し, 流れの堆積物運搬容量が増大することで, C0011 での粒子の沈降量が減少する. 他方で, プレート運動に伴い C0011 が北へ移動することで本州由来堆積物の供給は増える. 3Ma: C0011 上に現世と同程度の強い黒潮が成立し, 黒潮からの粒子の沈降量が激減する.

キーワード: 黒潮, 半遠洋性泥, Sr-Nd-Pb 同位体比, 四国海盆

Keywords: the Kuroshio Current, hemipelagic mud, Sr-Nd-Pb isotope ratios, Shikoku Basin

西太平洋亜熱帯域における氷期環境のちがい Different oceanographic responses during last two deglaciation in the western subtropical Pacific

氏家 由利香^{1*}, 朝日 博史²
Yurika Ujiie^{1*}, Hirofumi Asahi²

¹ 高知大学海洋コア総合研究センター, ² 釜山大学
¹CMCR Kochi University, ²Pusan National University

Deglaciation process is one of the results that the tropical climate forcing impact on the global changes by its large heat capacity. The Okinawa region, where the Kuroshio Current and central water of the subtropical gyre are oscillated, provides the high-resolution paleoceanographic records of the tropical-subtropical Pacific during the late Quaternary. Two IMAGES cores collected from the Okinawa Trough under the Kuroshio Current (MD982196) and Ryukyu Trench under the influence of central water of the subtropical gyre (MD012398) covered the records back to Marine Isotope Stage (MIS) 7. Here, we demonstrate the environmental changes of the surface and intermediate waters during two glacial-interglacial shifts, MIS 6 to 5 and MIS 2 to 1, based on the comprehensive analyses of the oxygen isotopes, Mg/Ca ratios of two planktic foraminiferal faunas (surface and upper intermediate species), and faunal assemblages of planktic foraminifera.

The $d^{18}O$ and Mg/Ca paleo-temperature of surface water were changed according with the glacial-interglacial cycles in whole of the Okinawa region. During MIS 1/2, the paleo-temperature of upper intermediate water decreased in the Okinawa Trough, while it increased in the Ryukyu Trench. This temperature increased during MIS 5/6 at both the Okinawa Trough and Ryukyu Trench. Small temperature differences between surface and intermediate waters during MIS 5/6 suggest that the water-column was mixed well in the Okinawa region. Temperature difference during MIS 1/2 showed the strong stratification at the Okinawa Trough, whereas it was stable at the Ryukyu Trench.

The faunal compositions of planktic foraminifera provide further detailed changes of the four water masses represented the oceanic condition in the Okinawa region. Two warm water groups (subtropical gyre and Kuroshio groups) showed a negative correlation between the Okinawa Trough and Ryukyu Trench area during the interglacial periods. It suggests oscillation between the Kuroshio Current and subtropical gyre. Two cold-water groups (northern Pacific and upper intermediate groups) showed different fluctuations between two glacial periods. The northern Pacific group increased during MIS 2, whereas the upper intermediate group of the subtropical gyre was dominant during MIS 6. Moreover, the upwelling species drastically increased at the deglaciation of MIS 5/6 in the Okinawa Trough. Straightforward implication for this phenomenon is expansion of intermediate water to the subtropical gyre during MIS 6 causing mixture of water-column in MIS 5/6.

Our multidisciplinary analyses successfully inferred two different glacial mechanisms of MIS 2 and 6 leading unique oceanographic response to the deglacial processes. When the effect of the Kuroshio Current was weakened in the NW subtropical Pacific, the cold-water came down during MIS 2 due to southward shift of the subtropical gyre front. During MIS 6, the intermediate water of the subtropical gyre extended westward because of weak subtropical gyre and/or development of intermediate water itself.

キーワード: 西太平洋, 氷期海洋, 水柱構造

Keywords: West Pacific, Glacial oceanographic condition, Water column structure

中国黄土中の磁性ナノ粒子に記録された最終氷期・間氷期の高解像度気候変動 High-resolution climatic signal over the last glacial-interglacial from magnetic nanoparticles in Chinese loess-paleosol

小玉 一人^{1*}, AN, Zhisheng², CHANG, Hong², QIANG, Xiaoke²
Kazuto KODAMA^{1*}, AN, Zhisheng², CHANG, Hong², QIANG, Xiaoke²

¹ 高知大学海洋コア総合研究センター, ² 中国科学院地球環境研究所

¹Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ²Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences

Measurement of bulk magnetic susceptibility (MS) has been applied routinely in environmental research: for example, MS variations in Chinese loess-paleosol successions are well known for their correlation with marine oxygen-isotope records, which leads to interpretation of past Asian monsoon intensity variations in the context of global climatic change (An et al., 1997). However, MS is theoretically a function of various factors such as the concentration, grain-size and other magnetic properties inherent in magnetic particles present in a sample. In this study, we present high-resolution (millennial-scale) records of past climatic variability obtained from a loess-paleosol succession in Luochuan, central China, which have been reconstructed by applying a new method that measures MS over broadband frequencies (Kodama, 2013). This method is capable of estimating the concentration and volume fraction distribution of ultrafine magnetic particles, so-called superparamagnetic (SP) particles with volumes ranging in 10^{-24} to 10^{-25} m³. We have investigated an upper loess-paleosol section, a profile that records climatic changes over the last glacial-interglacial cycle (An & Porter, 1997). The studied section is 13-m-thick and consists of two paleosol (S0 and S1, in Chinese loess sequence nomenclature) and two loess units (L1 and L2); the 7-m-thick L1 unit and 3-m-thick S1 unit are subdivided into subunits that are intercalated by weakly developed soil (weak paleosol) layers. Chronology for this section has been provided, based on the correlation of bulk MS values variation with marine oxygen isotope stages and linear interpolation using the control ages: 71 kyr for the L1/S1 boundary and 129 kyr for the S1/L2 boundary. An additional control age is provided for a layer within the L1 unit, which corresponds to the Laschamp geomagnetic excursion at 41 kyr (Xian et al., 2012). A total of 143 samples were collected in 10 cm intervals from the top of S0 unit to the upper part of L2 unit.

We have analyzed profiles of a series of magnetic parameters that represent the abundance of SP particles and the proportion of finer particles in their narrow distributions. Results show that high-resolution signals can be decoded from these profiles, but in a manner different from previous studies. There is no considerably enhanced signal for the paleosol units, but instead the paleosol and weak paleosol units are identical in terms of the relative abundance of SP particles. Profiles of the indices representing the proportion of finer SP particles show a common pattern that is well correlatable with the loess-paleosol stratigraphy: the weak paleosol (mostly L1SS) show high-frequency and small-amplitude fluctuations, whereas the loess units (L1LL2 and L2) are associated with large-amplitude oscillations. The high-frequency oscillations later than 70 kyr are quite similar to the D-O oscillations. Below the 70 kyr boundary, the curve tends to fluctuate at lower frequency (a few millennia scale), which resembles the contemporaneous GISP2 pattern. The close similarities between variations of these profiles and other climatic proxy variations over the last glacial-interglacial cycle demonstrates that the method in this study can be a substitution of other methods using stable isotopes, and that Chinese loess-paleosol sequences have a potential as high-resolution, millennium-scale archives of both global and local climate changes.

Reference

An, Z. & Porter, S. C. (1997), *Geology*, **25**, 603-606.

An, Z. S., Kukla, G. J., Porter, S. C. & Jule (1991), *Quat. Res.*, **36**, 29-36.

Kodama, K. (2013), *Jour. Geophys. Res.*, **118**, doi:1029/2012JB009502.

Xian, F., Zhou, W.-j., Wu, Z.-k., Kong, X.-h. & Zhao, G.-q. (2012), *Jour. Earth Env.*, **3**, 729-734.

キーワード: 磁化率, 古土壌, 黄土, 気候変動, 洛北

Keywords: magnetic susceptibility, paleosol, loess, climatic change, Luochuan

日本海，隠岐堆コア (MD01-2407) の有機炭素含有率変動を用いた過去 30 万年間の古気候解析

Palaeoclimate analysis for 300 ka based on the organic carbon contents of MD01-2407 core from the Oki Ridge, Japan Sea

滝沢 侑子^{1*}, 山本 洸樹², 公文 富士夫²

Yuko Takizawa^{1*}, Hiroki Yamamoto², Fujio Kumon²

¹ 信州大学理工学系研究科, ² 信州大学理学部物質循環学科

¹Graduate School of Science and Engineering, Shinshu University, ²Department of Environment Sciences, Faculty of Science, Shinshu University

泥質堆積物中の TOC (Total Organic Carbon)・TN (Total Nitrogen) 量は、古気候・古環境復元の指標として有効であり、近年注目され研究がなされている。本研究では、2001 年に日本海隠岐堆で採取された MD01-2407 コア (深度: 932 m, コア長: 55.28 m) 中に含まれる TOC・TN 量を高時間分解能で測定した。コアの最上部から深度 25.50 m までを 1 cm おきに分析し、年代モデルは TL 層、¹⁴C 年代、コア中に認められた 6 層の指標テフラ、MIS イベント年代を用いて作成し (Kido et al., 2007 を一部改変)、深度・年代の対応関係から、約 30 万年前までの TOC・TN 量変動を明らかにすることができた。年代間隔は 200~250 年であり、中緯度地域の古気候指標としては十分に高時間分解能のものである。

隠岐堆堆積物における TOC 量は明瞭な経年変動を示している。海洋酸素同位体ステージ (MIS) との対応関係から見てみると、MIS 8 では 1.0~1.8% で、相対的に低い値を示した。MIS 8 から MIS 7 への境界では徐々に値が上昇していき、MIS 7 の主部では 1.2~4.3% の間で周期的な変動を示しながら高い値で推移した。MIS 7 から 6 にかけては値が急激に減少し、MIS 6 全体としては 0.5~1.8% の間の低い値で安定していた。MIS 6 から 5 の境界では値が徐々に上昇し、MIS 5 においては 1.0~5.0% の幅で周期的に大きく変動するとともに、平均して高い値で推移した。MIS 4 においては 1.2% 前後という低い値を示し、MIS 3 になると 1.5~3.8% の間で急激で短周期的な変動を示した。MIS 2 では 0.3~2.0% という特に低い値で推移しており、MIS 1 になると 2.0~5.0% の間で大きく変動していた。これらの変動の傾向は TN 量においても同様に見られた。日本海堆積物における TOC 量は生物生産性の指標である (大場・赤坂, 1990) ことから、日本海の生物生産性は温暖な時期に増加し、寒冷な時期には減少していたと考えられる。

より細かく変動を見てみると、温暖な MIS 7, 5 の期間には、グリーンランド氷床の ¹⁸O 変動に特徴的な数百~数千年周期の急激な変動 (D-O サイクル) よりもやや長い周期で、かつ振幅の大きい変動 (数千~1 万年周期で 1.2~4.3% の振幅) が認められた。またやや温暖な MIS 3 における TOC 量は、D-O サイクルと同様の変動パターンを持っていた。寒冷な時期に関しては、MIS 8 においては約 290 ka と 262 ka に、MIS 6 においては約 160 ka に TOC 量の大きなピークが存在した。このことから当時の日本海における生物生産性は、汎世界的な寒暖変動の他にも異なる要因の影響を受けていたということが考えられる。この特徴的な変動の要因についても検討する予定である。

キーワード: TOC, TN, MD01-2407 コア, 日本海

Keywords: TOC, TN, MD01-2407 core, Japan Sea

MD179-3304, MD179-3312 コアの全有機炭素含有率に基づく、第四紀後期の極東アジアにおける気候変動

Late Quaternary climates of East Asia elucidated from the total organic carbon contents of cored sediments, Japan Sea

ト部 輔^{1*}, 栗山 学人², 松本 良³, 公文 富士夫⁴

Tasuku Urabe^{1*}, Manato Kuriyama², Ryo Matsumoto³, Fujio Kumon⁴

¹ 信州大学大学院, ² 名古屋大学大学院環境学研究科, ³ 明治大学研究知財戦略機構, ⁴ 信州大学理学部物質循環学科

¹Faculty of Science, Shinshu University, ²Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ³Organization for the Strategic Laboratory of Research and Intellectual Properties, Meiji University, ⁴Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University

本研究は、日本海上越沖で採取された MD179-3304, MD179-3312 コアについて、全有機炭素 (TOC)、全窒素 (TN) 含有率を、過去 13 万年まで高時間分解能 (約 100 年) で測定した。年代モデルは、放射性炭素年代測定、指標テフラ、TL 層、酸素同位体イベントを基準点として構築した。TOC と TN 含有率の経時的な変動は、同じ傾向で周期的に変動していた。TOC 含有率は MIS1, 5 で高く、MIS2, 4 で低かった。MIS3 では、わずかに高く、短周期的に変動していた。この全体的な傾向は、LR04 と非常によく似ている。ただし、MIS5.5 で TOC が低いことは例外である。MIS3 に典型的に示される、短周期の TOC のピークはグリーンランド・アイスコアにみられる温暖な亜間氷期と詳細に対応し、鋸歯状の反応を確認できる。一方 MIS5 では、アイスコアの酸素同位体比の減少傾向と TOC の増加傾向が対応する。

日本海堆積物中の TOC は、主に海洋表層における生物生産を反映していると考えられており、生物生産が気候変動と同調して変動したことを示している。大西洋高緯度地域と極東の気候の同調は、極前線の南北振動によって説明される。日本海堆積物の TOC と他の気候プロキシ の詳細な対応から、日本海堆積物中の TOC が、極東アジアにおける非常に有効な古気候プロキシ であると言える。気候要素と生物生産の関係については、不明な点がある。

キーワード: 全有機炭素, 気候変動, 日本海堆積物, 高時間分解能, D-O サイクル, 第四紀後期

Keywords: total organic carbon, climate change, Japan Sea sediment, high resolution, D-O cycle, Late Quaternary

氷河性海水準変動に応答した日本海の放散虫群集とその起源 Radiolarian assemblages in the Japan Sea and their origins related to the eustatic-sea-level changes

板木 拓也^{1*}Takuya Itaki^{1*}¹ 産業技術総合研究所 地質情報研究部門¹Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan / AIST

日本海は、北西太平洋中緯度に位置する縁海のひとつで、外海との海水の交換は水深 130m 以浅の 4 つの海峡（間宮海峡、宗谷海峡、津軽海峡、対馬海峡）でのみ行われている。現在は、対馬海峡（130m）を介して東シナ海から流入している対馬海流が唯一の外洋水の起源となっているため、日本海南部の表層付近に生息している生物相は、この海流の影響を強く受けている。一方、最終氷期から完新世に至る遷移期には津軽海峡から親潮系の水塊が流入しており、対馬海流の影響はほとんど無かった（例えば、Oba et al., 1991; Itaki et al., 2004）。更に最終氷期には、氷河性海水準の変動に伴い現在よりも 130m 低下した結果、外海と繋がる海峡はほとんど閉鎖し、日本海の生物相は外海との行き来が著しく制限されていた。このような海流系および生物相の変化は、更新世に周期的に繰り返されてきた汎世界規模の気候変動と氷河性海水準変動に連動してきたと考えられるが、それぞれの氷期および間氷期における特徴に付いてはまだ十分に明らかにされていない。

2001 年に行われた IMAGES 航海（WEPAMA）では、日本海南部の隠岐堆（水深 932 m 地点）からピストン・コア MD01-2407（コア長 56 m）が採取され、過去 6 回の氷期・間氷期周期（酸素同位対比ステージ MIS-1?16）を含む 64 万年間が連続的に記録されている事が明らかにされている（Kido et al., 2007）、本研究では、本コアに含まれている放散虫群集を詳細に調査し、各氷期・間氷期の特徴を比較する事で、当時の海流系（外洋水の移流経路）について検討した。

放散虫は、コア MD01-2407 下部の 2 試料（63 万年前付近）を除き、他の全ての層準で産出した。計 160 種余りの放散虫が認められ、産出する種数は間氷期に増加し（20?60 種）、氷期に減少（3?20 種）する明瞭な周期的な変化を示す。これは、間氷期に産出頻度が増加する放散虫として *Tetrapyle octacantha* や *Dictyocoryne* spp. などの低緯度海域を特徴付ける種が挙げられることから、高海水準期に対馬海峡から暖流が流入したと関連している。また、特定の間氷期に多産する種としては、*Lithocampe platycephala*（MIS-7 後半）、*Actinomma medianum*（MIS-7 前半）、*Lophphaena* spp.（MIS-9, 11, 15）が挙げられる。一方、氷期を代表する種として、*Ceratospyris borealis* が MIS-2, 6, 16 で優占種となり、その他の氷期では *Amphimelissa setosa* が群集の大部分を占めた。また、*Phorticium pylonium* は、MIS-10 と MIS-14 で多産した。これらの氷期に多産する放散虫はいずれも高緯度海域に特徴的な種である。現在の親潮域に多産する *Stylochlamydidium venustum* は、各氷期から間氷期における遷移期に増加する傾向があり親潮水の影響を示唆するものであるが、MIS-11 では間氷期にもかかわらず高い産出が認められた。これは、当時の高い海水準や北方海峡の位置などと関連しているのかもしれない。

キーワード: 更新世, 古海洋学, 対馬海流, 親潮

Keywords: Pleistocene, Paleoceanography, Tsushima Warm Current, Oyashio Current

日本海における過去 1.8 万年間の高解像度水温復元 High-resolution SST reconstruction in the Japan Sea for the past 18 ka

小平 智弘^{1*}, 堀川 恵司¹, 池原 研³, 村山雅史², 張 勁¹

Tomohiro Kodaira^{1*}, Keiji Horikawa¹, Ken Ikehara³, MURAYAMA Masahumi², Jing Zhang¹

¹ 富山大学, ² 高知大学, ³ 産業技術総合研究所

¹University of Toyama, ²Kochi University, ³AIST

Ishiwatari et al. (2001) reconstructed sea-surface temperatures (SSTs) in the Japan Sea during the past 36 ka based on alkenone unsaturation ratio, but the low-saline conditions during the early deglacial periods make the accuracy of alkenone-based SST estimates uncertain (Harada et al., 2008; Fujine et al., 2006). By contrast, during the Holocene, timing of intrusion and pulses of Tsushima Current were well investigated by assemblages of diatom and foraminifera (e.g., Koizumi et al., 2006; Domistu and Oda, 2008), but high-resolution SST reconstruction has not yet been conducted. These situations limit our understanding of the SST evolution in the Japan Sea from the LGM to the Holocene and of the driving force that determines the SST evolution in the Japan Sea. Here, we present planktic foraminiferal Mg/Ca-derived SST record in the Sea of Japan.

The studied sediment core (YK10-7-PC09) was taken from 738 m water depth off Niigata. The thick lamina layer was observed in a section from 420 cm to 750 cm core depth, which corresponds to the sediments during Heinrich 1 and glacial periods. We have analyzed the sediment samples above 450 cm core depth (i.e., back to 18 ka). The age model for the core was based on 8 AMS ¹⁴C data of planktic foraminifera. We have used Marin09 and delta R of 0+/-100yr to convert the conventional ¹⁴C ages to the calibrated ages. delta-¹³C and delta-¹⁸O of benthic (*Uvigerina* spp.) and planktic foraminifera (*N.incompta*, *N.pachyderma*(s), *G.bulloides*) were measured by MAT 253 (CMCR, Kochi University), whereas trace metal/Ca ratio of planktic foraminifera were measured by Thermo Fisher Element II (Toyama University). Precision (1sigma) of Mg/Ca ratios obtained by the SF-ICP-MS in our laboratory was 0.69%.

The delta-¹⁸O records from planktic foraminifera were almost same as the records from L-3 core (Oba and Murayama, 1995), and one of striking features of the delta-¹⁸O records was a significant increase in delta-¹⁸O values from 0.6 per mil to 3.4 per mil during the early deglaciation (18 - 15 ka). Further, we found that the Mg/Ca-derived SSTs (from *G.bulloides*, Mashiotta et al., 1999) showed a slight increase from 5 to 8 degrees during 18 - 7 ka and presented an increase in ~3 degrees during the B/A period. Importantly, the SST evolution in the Japan Sea exhibited a close similarity with the SST variation reconstructed off Tokachi, which was under the influence of Oyashio Current (Sagawa and Ikehara, 2008), with ~1 degrees offset, corroborating that the Japan Sea was influenced by Oyashio Current at the time. During last 7 ka, Mg/Ca-derived SSTs (*N.incompta*, Anand et al., 2003) were correlated with delta-¹⁸O variations, indicating delta-¹⁸O variations primarily reflect changes in SSTs. The significant cooling of the SSTs were observed at ~2 ka and 4 - 5.8 ka, whereas the highest SSTs were observed during 2.5 - 3.4 ka. The SST evolution during the mid to the early Holocene was almost consistent with the relative abundance of *F.doliolus*, that is an indicative of Tsushima Current pulses (Koizumi et al., 2006) and the SST evolution off Kashima (Isono et al, 2009). The SST changes in the Japan Sea may have been related to intensification of Tsushima Current that might be associated with the East Asia winter monsoon system.

キーワード: 日本海, Mg/Ca 比, 酸素同位体比, 完新世, 対馬暖流の勢力

Keywords: Sea of Japan, Mg/Ca, Oxygen isotope, Holocene, Pulses of Tsushima Current

日本海表層および中層の海洋環境発達史 IODP Exp.346 に向けて History of surface and intermediate depth environmental change in the Japan Sea, Scientific objectives in IODP Exp.346

佐川 拓也^{1*}

Takuya Sagawa^{1*}

¹ 愛媛大学

¹ Ehime University

日本海は外海と比較的浅い海峡によってのみ繋がった半閉鎖的な縁海であり、過去の海水準変動やモンスーン変動によって劇的な環境変化を経験してきた。現在の日本海には対馬海峡から亜熱帯水と東シナ海沿岸水の混合によって形成された対馬暖流が流入しており、熱や塩分の供給によって日本海及び周辺陸域の気候・生態系維持に大きく貢献している。過去の海水準変動による暖流流入量の変化は、日本海表層の塩分を大きく左右し、さらに鉛直循環を介して深層水の溶存酸素濃度に劇的な変化をもたらした。このような環境変化がいつから始まり、そしてどのような変遷をたどってきたのかは、日本海および日本列島の気候・生態系発達史の理解に必要な不可欠な知見である。また一方、最終氷期に見られる深層水酸素濃度の千年スケール変動は、東アジアモンスーンが深く関わっていることが指摘されている。これまで夏季モンスーンに伴う低塩分水流入が主要因と考えられているが、現在の日本海において中深層水の形成が冬季冷却によって引き起こされていることを考えると、冬季モンスーン変動も重要な因子であったことが予想される。過去の冬季モンスーン変動と中深層水循環の関係、さらに、最終氷期より前の氷期における千年スケール変動は未だほとんど理解されていない。

以上の背景をもとに、IODP 346 次航海で掘削予定の鳥取県沖 YB-1 地点（水深約 330m）において、浮遊性有孔虫・底生有孔虫化石の化学分析による日本海表層および中層の古環境復元を提案する。当地点では 500m の掘削が予定されており、コア基底の年代はおよそ 200 万年前に達すると予想される。水深が浅いため、過去の炭酸塩補償深度変化の影響が小さく、連続的な炭酸塩微化石の産出が期待できる。過去 200 万年間の酸素同位体層序の構築と表層・中層の古水温復元により、対馬暖流発達史の解明と、千年スケール冬季モンスーン変動と日本海鉛直循環の関係解明を目指す。本講演では、これまでに同地点から得られたピストンコアを用いた研究成果の紹介と、IODP Exp.346 における科学目標を紹介したい。

キーワード: IODP Exp.346 次航海, 日本海, 東アジアモンスーン, 対馬暖流, 中層水循環, 冬季モンスーン

Keywords: IODP Exp. 346, Japan Sea, East Asian monsoon, Tsushima Warm Current, intermediate water circulation, winter monsoon

日本海堆積物を用いた東アジア冬季モンスーン変動の復元 : IODP 日本海掘削に向けて

Reconstruction of long-term fluctuation of East Asian winter monsoon using the Japan Sea sediments

池原 研^{1*}

Ken Ikehara^{1*}

¹ 産業技術総合研究所地質情報研究部門

¹ Geological Survey of Japan, AIST

東アジア冬季モンスーンはシベリア高気圧からの寒気の吹き出しに関係したものである。最近の研究結果によれば、日本海の漂流岩屑や表層水温にこの変動が記録されており、中国大陸の鍾乳石の酸素同位体比記録ともよく一致することが知られている。表層水温の変動は対馬暖流流入時期の北東日本海の記録が冬季モンスーンに対応するが、山陰沖などの南西日本海では対馬海峡から流入する表層水の特性的変動の影響の方が大きく、冬季モンスーン変動は顕著に表れない。漂流岩屑の数の変動は日本海の表層水環境の変化によらず冬季モンスーン変動のよい指標となる。ただし、氷期?間氷期規模での海氷南縁の位置の変動の影響を受ける。冬季モンスーンによる日本海表面の冷却は日本海の深層循環にも影響を及ぼすので、浮遊性/底生微化石の群集にも影響を及ぼす可能性がある。漂流岩屑?表層水温?微化石群集を組み合わせた検討から冬季モンスーン変動の詳細を明らかにすることが可能であると考えられる。掘削コアにおいては気候モードの変化に対応した冬季モンスーンの変化も興味の一つである。

キーワード: 冬季モンスーン, 漂流岩屑, 表層水温, IODP, 日本海

Keywords: East Asian winter monsoon, ice-rafted debris, sea surface temperature, IODP, Japan Sea

東アジアモンスーンの千～万年スケール変動、進化とヒマラヤ - チベット隆起、北半球氷床発達とのリンケージ
Millennial to orbital-scale variabilities of East Asian Monsoon, its evolution, and the linkage with the HTP uplift and

多田 隆治^{1*}, 久保田 好美¹, 長島 佳菜², 鄭洪波³
Ryuji Tada^{1*}, Yoshimi Kubota¹, Kana Nagashima², ZHENG, Hongbo³

¹ 東京大学大学院理学系研究科, ² 海洋研究開発機構地球環境変動領域, ³ 南京師範大学
¹Graduate School of Science, the University of Tokyo, ²Research Institute for Global Change, JAMSTEC, ³Nanjing Normal University

It is well-established that millennial-scale variability of East Asian monsoon (EAM) is closely linked with climatic changes in high-latitude North Atlantic and Greenland. However, how they are linked and when such linkage started is still unknown. It is also hypothesized that EAM climate emerged and intensified through Neogene due to the uplift of Himalaya and Tibetan Plateau (HTP) based on the result of climatic simulations, although recent studies suggest possible influence of the emergence and expansion of the northern hemisphere ice sheets on EAM evolution. However, when and how EAM evolved on orbital- to millennial-scales and how its evolution process was influenced by the uplift of HTP and/or the buildup of the northern hemisphere ice sheets are poorly understood.

To approach this long lasting paleoclimatological question, IODP Exp. 346 is scheduled from July 29 to September 28 this year. The cruise focuses on orbital to millennial-scale variabilities of EAM and their evolution during the last 10 My. Especially, our group will focus on orbital to millennial-scale variability of East Asian summer monsoon (EASM) precipitation in South China, millennial-scale changes in westerly jet (WJ) path over Japan, their temporal changes through Plio-Pleistocene, and potential linkage between EASM precipitation and WJ path.

We speculate the amplitude and frequency of the millennial-scale variability of EASM is modulated by the ice volume based on our preliminary analysis of gray scale profile of the Japan Sea sediments. To test this hypothesis, comparison of EASM precipitation record from the northern East China Sea, WJ positional record from the Japan Sea, high resolution gray-scale record of the Japan Sea sediments, with ice volume record is necessary.

キーワード: アジアモンスーン, テクトニクス, 気候変動
Keywords: Asian Monsoon, Tectonics, Climatic change

グローバルモンスーンの形成 -過去と未来の対比- Formation of the global monsoon - A comparison between the past and future -

植田 宏昭^{1*}
Hiroaki Ueda^{1*}

¹ 筑波大学生命環境系

¹ Faculty of Life and Environmental Science

古来より、モンスーンとは「大陸と海洋の地理的分布に起因する大規模な海陸風循環の一種である」とされてきた。この仮説を提唱した Halley(1686) は、大陸と海洋の比熱の違いに起因する、半球スケールの温度コントラストによって吹く風を、広義のモンスーンと考えていた。この概念は広く受け入れられており、異を唱える人はほとんどいない。一方、気候力学の進展に伴い、温度の時間微分量である「熱」を自在に論じることが可能になったことにより、モンスーンに対する新たな解釈が提案されつつある。

本講演では、モンスーンを温度と熱という二つの変数から説明を試みる際に、モンスーンシステムを構成する、チベット高原を含む大規模山岳の効果、インド洋から西太平洋にかけての大気海洋相互作用とその遠隔影響に焦点を当てて紹介する。さらに、アジアモンスーンが乾燥・半乾燥気候と力学的な関係を有しているとする「グローバルモンスーン」という新たな概念を説明した上で、そのシステムの過去と未来について、気候モデリングと古気候プロキシの対比結果を紹介する。具体的には、PMIP(古気候モデリング相互比較プロジェクト)が重点研究対象とする、鮮新世中期(3Ma)、完新世中期(6k)、最終氷期最盛期(21k)そして最近の1000年間の時間進行(LM)について、内外の研究をレビューする。

このような古気候研究の結果は、近未来の温暖化予測の理解において、様々な知見を与えることが期待されている。とりわけ、過去の温暖期と近未来の地球温暖化との差異や矛盾を抽出することは、不確実性が不可避とされる気候モデルの精度向上のみならず、気候システムに内在する、大気・海洋・陸面間の様々な相互作用の理解を深化させる。温暖化予測を専門に行う気候モデリングのコミュニティーと、古気候プロキシ研究者との接点をいかに創出するか、その課題を念頭に置きなが講演する予定である。

キーワード: グローバルモンスーン, 鮮新世中期, 完新世中期, 最終氷期最盛期, 温暖化予測, ミレニアムラン

Keywords: global monsoon, mid-Pliocene, mid-Holocene, Last Glacial Maximum, Global warming, Millenium experiment

石筍古気候学の進展と将来 Development and prospective of stalagmite paleoclimatology

狩野 彰宏^{1*}
Akihiro Kano^{1*}

¹九州大学比較社会文化
¹SCS Kyushu University

石筍は後期更新世?完新世の陸上古気候記録媒体として優れた特徴を持つ。中国南部での酸素同位体の結果は夏のアジアモンスーン強度を示す標準的古気候記録として認知されている。一方、日本における石筍研究は端緒についたばかりである。近年、私たちのグループでは、1) 広島県で採集された後氷期(18-8 ka)石筍の酸素同位体記録が中国南部の記録と同調すること、2) 新潟県で採集された完新世石筍の酸素同位体比記録が冬のモンスーン強度を示す可能性を示唆した。このようなケーススタディが積み上げられる一方で、石筍古気候学の最大の問題であるプロキシの解釈を深める基礎的研究も多くなされている。石筍試料の安定同位体比や微量元素含有量は大気・土壌・鍾乳洞で起こる多くのプロセスに支配されており、概して気温と降水量が複合的に記録されるのである。石筍の酸素同位体比には降水強度・降水の季節性・温度・水の蒸発が、炭素同位体比には地下水の供給量・植生・土壌湿度が反映される。また、地下水が方解石を沈殿していた場合、微量元素含有量と炭素同位体比に重大な影響を与える。プロセスの複雑さにもかかわらず、異なる地点での石筍記録は同調することが多い。最終氷期以降の気候イベントの時間的一致は、降水量や気温の変化が広域的に起こっていたことを示唆する。石筍古気候学での新たな研究手法は気温と降水量の分離を目指して今後進展していくだろう。

キーワード: 石筍, 炭酸塩, 完新世
Keywords: stalagmite, carbonate, Holocene

新潟県糸魚川市で採集した石筍の酸素同位体比と冬季東アジアモンスーン Oxygen isotope of stalagmites in Itoigawa, Niigata Prefecture and intensity of East Asian winter Monsoon

曾根 知実^{1*}, 狩野 彰宏¹, 柏木 健司²

Tomomi Sone^{1*}, Akihiro Kano¹, Kenji Kashiwagi²

¹九州大学, ²富山大学

¹Kyushu University, ²Toyama University

石筍は気温や降水量の変化を酸素同位体比変動として記録していることが知られており、気候変動の指標として用いられる。特に熱帯やモンスーン地域など、降水量の多い地域では石筍の酸素同位体比が降水強度(降水量)と逆相関を示す傾向があり、これを利用して中国南部では夏季モンスーンの強度変動に関する研究が盛んに行われてきた。一方、冬季モンスーン研究には主に風成堆積物が用いられてきたが、時間解像度が低いことに加え、中国石筍記録との直接的な比較が困難である。本研究では新潟県糸魚川市の福来口鍾乳洞で採集した石筍試料 FG01 の酸素同位体比を分析し、完新世における冬季モンスーン強度の復元を試みた。糸魚川市は冬季モンスーンの影響により冬季の降水量が年間の6割に当たるため、その強度変動を記録している可能性が高い。

年代測定の結果、FG01の上部は完新世、FG01の下部は更新世後期(21-30 ka)に形成されたことが分かった。雨水の同位体比分析、及び過去90年間の降水量記録との比較から、石筍試料の酸素同位体比は降水量変動を反映していると思われる。糸魚川での降水量を左右する要因として冬季モンスーンが考えられ、冬のモンスーンの指標とされる中国北部黄土高原の風成堆積物や南部の光鎮湖堆積物の記録と一致したことも FG01 の酸素同位体比が冬季モンスーン強度変動を反映していることを支持する。過去1万年間で夏季モンスーンが弱体化し続けたことを示す中国南東部 Dongge 洞窟の石筍記録とは、9.8-5.5ka で反相関、5.5-4.3ka で同調を見せ、2.5ka と 1.0ka 付近では冬の降水量増加を意味する特異なピークが確認された。完新世を通じた夏季モンスーンの弱化的原因は熱帯収束帯(ITCZ)の南下と解釈されているが、それと同調して起こる冬季モンスーンの強化は9.8-5.5kaの時期に限定される。5.5-4.3kaの冬季モンスーン弱体化は海陸の温度差の減少に関係しているのかもしれない。2.5kaと1.0kaのピークについては、隠岐付近の海底コア中の対馬海流指標種である珪藻(*Fragilariopsis doliolus*)の産出頻度記録とも一致することから、冬季モンスーンの水蒸気供給源である対馬海流の強化に伴った降水量の増加が考えられる。

また、21-30 kaの酸素同位体比は完新世の値よりも平均値で約1パーミル低い。氷河期の低い酸素同位体比を整合的に説明するためには、水蒸気の主要ソースである日本海表層海水の酸素同位体比低下を考える必要がある。4つの浅い海峡で外海に通じる日本海は、海水準が低下した氷河期に閉鎖した。そして、ロシア極東地域と日本列島から流入した低密度の河川水が表層に留まり、層状化したと考えられている。糸魚川石筍の氷河期セクションの記録はこの古海洋的復元を支持する。さらに、日本海表層の塩分濃度低下は少なくとも30kaに開始し、23kaに急速に進行したことを示唆する。

キーワード: 石筍, 酸素同位体比, 冬季東アジアモンスーン, 完新世

Keywords: stalagmite, oxygen isotope, EAWM, Holocene

日本海の海岸砂丘堆積物に記録される過去1000年間の東アジア冬季モンスーン変動 Decadal- to centennial-scale fluctuations of East Asian winter monsoon intensity over the last millennium recorded in co

田村 亨^{1*}, 小玉芳敬², マーク・ベートマン³, 斎藤 有⁴, 渡辺和明¹, 山口直文⁵, 松本 弾¹

Toru Tamura^{1*}, Yoshinori Kodama², Mark D. Bateman³, Yu Saitoh⁴, Kazuaki Watanabe¹, Naofumi Yamaguchi⁵, Dan Matsumoto¹

¹産業技術総合研究所地質調査総合センター, ²鳥取大学地域学部, ³シェフィールド大学地理学教室, ⁴高知大学海洋コア総合研究センター, ⁵茨城大学広域水圏環境科学教育研究センター

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Faculty of Regional Sciences, Tottori University, ³Department of Geography, The University of Sheffield, ⁴Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ⁵Center for Water Environment Studies, Ibaraki University

The southern coast of Japan Sea exhibits many dune fields formed by winter northwesterly wind, which is driven by East Asian winter monsoon that blows from the Siberian High developed around Mongolia and Lake Baikal to western Pacific. The coast is almost perpendicular to the northwesterly, causing longitudinal and transverse dune ridges to develop nearshore. These dune fields have been activated intermittently with some inactive periods marked by organic sand layers during the Holocene. We applied a detailed stratigraphic analysis that combines ground-penetrating radar (GPR) and optically-stimulated luminescence (OSL) dating to two transverse dune ridges on the Tottori coast, southern central Japan Sea. This combination allowed us to establish a thorough chronostratigraphy of dune deposits as optical dating is applied to subsurface sediment sampled in accordance with continuous GPR profiles, and we found patterns of aeolian process affected by decadal- to centennial-scale fluctuations in winter monsoon intensity over the last 1000 years. OSL dating showed concordant results with radar stratigraphy and topographic changes since AD 1932 revealed by maps, suggesting it works well for the Tottori dune sand. Two OSL ages showed that the dune deposition occurred in the 11th century AD, but no age was obtained from the 12th to late 15th centuries, suggesting the dune was inactive during this period. Remarkable reactivation of the dune occurred in the late 15th century, and has periodically continued until present. The dune is generally dominated by landward migration, but the outer dune ridge shows a clear seaward accretion during the 18th century. This seaward migration reflects a decrease in wind capacity, which restricted sand transport nearshore. The 18th century showed a decline in winter monsoon revealed by Chinese historical documents, which is associated with higher winter temperature and lower frequency of thunder and aeolian dust fall. In contrast, two remarkable events of landward dune sand accretion occurred in AD 1580?1640 and around AD 1840, respectively, corresponding to periods of increased dust fall in China, which suggest enhanced winter monsoon. These suggest that the Tottori dune has evolved in relation to the winter monsoon intensity. The dune reactivation over the last several centuries is generally correlated with intensified winter monsoon, and is probably related to the beginning of the Little Ice Age, during which many European coastal and inland dune fields were activated due to increased storminess. The dune reactivation and associated increased aeolian sand transport were reported from historical documents and sediment record for other coastal dune fields along Japan Sea, and thus are considered as widespread phenomena, which led to the need for coastal afforestation since the 17th century.

樹木年輪酸素同位体比の広域データネットワーク化によるヒマラヤ域の夏期モンスーン降水量の復元 Summer monsoon precipitation in the Himalaya reconstructed from a tree-ring network of oxygen isotope chronologies

佐野 雅規^{1*}, 中塚 武¹
Masaki Sano^{1*}, Takeshi Nakatsuka¹

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科

¹ Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

(はじめに)

ヒマラヤでは、樹木の年輪幅による古気候の復元が1990年代より行われてきたが、総じて湿潤な環境のため、降水量の変動に対する樹木成長の感度が鈍く、雨量の少ないヒマラヤ西部を除いて年輪幅による降水量の復元が困難であった。しかし、湿潤地であっても、樹木年輪の酸素同位体比が降水量や相対湿度のプロキシとして優れていることが近年明らかとなり、アジア各地の水環境の復元が報告されつつある。本研究では、この酸素同位体比を用いて、ヒマラヤを横断する広域的な樹木年輪のデータネットワークを構築し、夏期モンスーン降水量の時間・空間変化を復元した。

(方法)

ヒマラヤを東西に横断する5地域(ブータン×1、ネパール×3、インド×1)の森林を対象として、1地域あたり10-30個体の針葉樹から成長錐コアを採取し、過去50-250年にわたる酸素同位体比クロノロジーのネットワークを以下の手順で作成した。まず、年輪幅の広狭変動パターンを個体間で比較してサンプルの絶対年代を決定した上で、遡及期間の長い2?4個体を選別した。次いで、木口面に沿って厚さ1mmの薄板を作成し、有機溶媒、亜塩素酸ナトリウム溶液、水酸化ナトリウム溶液を用いてセルロースを単離した。薄板状のセルロースサンプルから年層毎にサンプルを切り出し、銀箔に梱包したうえで、質量分析計を用いて年輪セルロースの酸素同位体比を測定した。得られた酸素同位体比の時系列は、複数個体で平均して地域を代表するクロノロジーとして統合し、機器観測データと対比して酸素同位体比の変動に寄与する気候要素を明らかにした。次に、酸素同位体比の変動パターンを地域間で比較して、モンスーン活動の時空間変化を調べた。

(結果・考察)

ブータン産のカラマツ、トウヒ、ビャクシンから得た酸素同位体比クロノロジーを比較したところ、樹種により同位体比の絶対値に違いがあったものの、異種間でも相対的な変動パターンは良く一致していた($r=0.78-0.89$, $n=50$)。年輪の酸素同位体比は、いずれの地域でも夏期の降水量や相対湿度を反映しており、ヒマラヤ域の夏期モンスーンの時空間変化を詳細に復元できることが明らかとなった。また、地域間の距離が増すとともに両者の相関は落ちるものの、酸素同位体比の変動パターンは類似していたほか、年単位で見ると、乾燥が顕著だった年は、いずれの地域のクロノロジーにも記録されていた。ヒマラヤでは、南東側のベンガル湾が水蒸気の起源となっており、北西に向かうにつれ、毎年のモンスーン入り(開始日)が遅れるとともに、雨期の降水量が少なくなることから、東西方向での酸素同位体比の同調や差異は、毎年のモンスーンの張り出しを反映していると考えられる。過去50年の全データをネットワーク化して主成分分析を行ったところ、寄与率49%の第1主成分が得られ、いずれの地域のクロノロジーとも正の相関を示すことから、ヒマラヤ域の平均的な夏期モンスーンの変動パターンを抽出することができた。一方、寄与率22%の第2主成分として、東西間で逆相関を示す特徴的なモードが出現した。そのほか、過去200年の降水量の長周期変動は、ヒマラヤの東部と西部で逆位相を示した。特に、西部では、20世紀において乾燥化が進行している一方で、東部では、やや湿潤化している傾向が認められた。東西間でのコントラストの背後にあるメカニズムは未解明だが、インド産の鍾乳石を用いた既往の研究などから、数十日周期での降雨の季節内変動が関係している可能性が示唆された。

キーワード: 樹木年輪, 酸素同位体比, ヒマラヤ, モンスーン
Keywords: Tree ring, Oxygen isotope, The Himalaya, Monsoon

中部日本のヒノキ年輪酸素同位体比に記録された400年周期で起こる夏季モンスーンの不安定化

Summer monsoon destabilization at 400 years intervals recorded by tree-ring oxygen isotope ratios in central Japan

中塚 武^{1*}, 佐野 雅規¹, 大石 恭平¹, シュ チェンシ¹, 岡部 雅嵩¹, 大西 啓子², 河村 公隆², 坂本 稔³, 尾寄 大真⁴, 中尾 七重⁵, 横山 操⁶, 赤塚 次郎⁷, 樋上 昇⁷, 光谷 拓実⁸

Takeshi Nakatsuka^{1*}, SANO, Masaki¹, OHISHI, Kyohei¹, XU, Chenxi¹, OKABE, Masataka¹, OHNISHI, Keiko², KAWAMURA, Kimitaka², SAKAMOTO, Minoru³, OZAKI, Hiromasa⁴, NAKAO, Nanae⁵, YOKOYAMA, Misao⁶, AKATSUKA, Jiro⁷, HIGAMI, Noboru⁷, MITSUTANI, Takumi⁸

¹名古屋大学大学院環境学研究科, ²北海道大学低温科学研究所, ³国立歴史民俗博物館, ⁴東京大学総合研究博物館, ⁵武蔵大学総合研究所, ⁶京大生存圏研究所, ⁷愛知県埋蔵文化財センター, ⁸奈良文化財研究所

¹Grad. Sch. Env. Studies, Nagoya Univ., ²Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ., ³National Museum of Japanese History, ⁴Univ. Museum, The Univ. of Tokyo, ⁵Research Center, Musashi Univ., ⁶Res. Inst. Sustain. Human., Kyoto Univ., ⁷Aichi Center of Archaeological Operation, ⁸Nara Nat. Res. Inst. Cultural Properties

【はじめに】世界では、寒冷域や乾燥域の樹木年輪幅から、農業生産等を支配する夏季の気温や降水量を年単位で復元する研究が盛んにおこなわれてきたが、日本では江戸時代の古文書史料を用いた研究以外には、そうした取り組みは稀であった。温暖湿潤な日本では、一部の高山地域を除いて、夏季の気候が樹木成長の制限因子になることは稀だからである。しかし近年、日本などの温暖湿潤域でも、樹木年輪セルロースの酸素同位体比が夏季の降水量を記録していることが明らかとなり、アジア各地で長期に亘る高分解能での水循環変動の復元が始まりつつある。本研究では、中部日本で得られた多数のヒノキ年輪試料のセルロース酸素同位体比の測定から、過去2千年以上に亘る夏季降水量の年々変動を復元し、考古学・歴史学・気候学に画期をもたらす、さまざまな新しい知見を得た。

【試料と方法】分析に用いた試料は、中部日本（主に長野県・岐阜県南部）から得られた、過去2千年以上をカバーする、多数のヒノキの現生木、建築古材、考古遺物、埋没木の試料である。得られた年輪試料は、木口面に沿った幅1-2cm、厚さ1mmの薄板にしたのち、亜塩素酸ナトリウム溶液、水酸化ナトリウム溶液、有機溶媒を用いて、リグニン、ヘミセルロース、樹脂を除去して乾燥させた。セルロース繊維だけとなった薄板から、適量の年層を1年分ずつ剥離して、銀箔（カプセル）に梱包し、サーモフィッシャー・サイエンティフィック社の TCEA-Delta V (Delta plus XL) にて、その酸素同位体比を測定した。現生木を含む一部の試料の年輪年代は、年輪幅の標準変化曲線との対比から既に決定されていたが、残りの試料の年代は、酸素同位体比を用いて、以下のように決定した。まず、年代既知の酸素同位体比のデータを年代順に並べ、年代未知の酸素同位体比のデータを建築学的・考古学的に妥当と思われる時代に置いて、両者の変動パターンが一致する年代を探索した。年代未知の変動パターンは、特定の唯一の年代において、概ね相関係数0.7程度で、年代既知の変動パターンと一致し、ほぼ100%の確度で年代が決まると共に、セルロースの酸素同位体比が、時代を問わず共通の外的要因、即ち特定の気候因子によって規定されていることが証明された。一方、得られた酸素同位体比の時系列には、元々の生息高度や生理学的特性の違いを反映して、試料間で絶対値の大きな差が認められるため、年代が重複する区間の平均酸素同位体比が同じになるように、個々の時系列を上下に平行移動させたのち、全体を平均して、過去2千年以上に亘る一連の酸素同位体比時系列を完成させた。

【結果と考察】本研究で得られた樹木年輪酸素同位体比は、20世紀における気象観測データ、江戸時代の日記の天候データベース、中世の文書に残された気象災害の記録、古代の住居遺跡数から推定された水害の頻度等との対比から、時代を問わず、夏季降水量の変動を良く反映していることが明らかとなった。それは、中国やインドの鍾乳石の酸素同位体比の変動ともよく一致し、主にアジアの夏季モンスーンの変動を反映したものであることも分った。しかし過去2千年以上に亘る連続時系列は、その長さ故に、考古学・歴史学・気候学に画期的な影響をもたらしつつある。考古学的には、本研究により、任意の木材の年代決定が、過去2千年以上に亘り、1年単位で行えるようになった。酸素同位体比には、年輪幅とは異なり、変動パターンが樹種間で同じになる特性があるため、ヒノキ年輪で作成された時系列は、広葉樹を含む任意の樹種の木材の年代決定に利用できる。歴史学的には、突然の夏季モンスーンの活発化と不安定化により、日本史の画期を成す多くの動乱（2世紀の倭国大乱、6世紀の磐井の乱、10世紀の承平天慶の乱、14世紀の鎌倉幕府の崩壊と南北朝動乱、18世紀の享保の飢饉、等々）が引き起こされた、と言う仮説が提起できる。気候学的には、本研究のデータを、樹木年輪幅の広域データベースから復元された東アジアの夏の気温（Cook et al., 2012）と対比することで、日本の夏の気候には、気温と降水量が同調して変化するモンスーン型の変動が支配的である一方、両者が逆向きに変化する事象（火山噴火によるとされる15世紀後半の寒冷化や、近年の地球温暖化など）が共存していることが、明らかとなった。特に夏季モンスーン型の変動は、400年に一度、数十年周期成分の増幅を引き起こしており、その背後には何らかの天文学的なペースメーカーの存在が推察できる。モンスーンの不安定化は、その都度、日本を含む東アジア各国における大きな社会の動乱を先導しており、次の事象が22世紀前半にも予測されることから、今後の気候変動研究にとつ

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



APE34-29

会場:103

時間:5月21日 15:00-15:15

て、その周期性のメカニズムの解明が死活的に重要であると言える。

キーワード: 樹木年輪, セルロース, 酸素同位体比, 東アジア, 日本, 夏季モンスーン
Keywords: tree ring, cellulose, oxygen isotope ratio, East Asia, Japan, summer monsoon

Variation in the Yangtze River discharge during the Holocene based on sedimentological records from the East China Sea

王可^{1*}, 鄭洪波², 多田隆治³, 入野智久⁴

Ke WANG^{1*}, Hongbo ZHENG², Ryuji TADA³, Tomohisa IRINO⁴

¹ 北海道大学大学院環境科学院, ²School of Geography Science, Nanjing Normal University, ³ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, ⁴ 北海道大学地球環境科学研究所

¹Graduate School of Env. Science, Hokkaido University, ²School of Geography Science, Nanjing Normal University, ³Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, ⁴Faculty of Env. Earth Science, Hokkaido University

The Yangtze River is the largest river in the Eurasian Continent originated from the Tibetan Plateau and flows out to the East China Sea. The River plays an important role in marine sedimentation in the East Asian marginal seas. The relationship between the discharge and the flux of the Yangtze River-derived sediment is of great significance to understand the source-to-sink pattern of terrigenous materials into the East China Sea. The mud belt of East China Sea inner shelf is one of the major sinks of the Yangtze River-derived sediments, which provides important constraints on the sediment budget on the shelf as well as paleoenvironmental changes due to monsoon variability in the drainage basin during the Holocene.

IMAGES XIV 2006 Marco Polo II cruise recovered a high quality calypso core (MD06-3040, 27°43.3663'N, 121°46.8822'E, 47m water depth, core length 19.36m) from mud belt of the East China Sea inner shelf. The age model of core MD06-3040 was constructed based on 14C dating that reveals the core covered the whole Holocene. The grain size distribution and the major element composition of the MD06-3040 core sediment have been determined in order to examine the relationship between the changing provenances of fine-grained sediments and East Asian Monsoon variation during the Holocene. The grain size shows a multi-modal distribution that consists of more than 3 modes centered at clay, silt, and sand sizes. The grain size of silt fraction is finer around 7 ka, which suggests the sea-level control on sand delivery. Co-variation of (Clay+Silt)/Clay, Ti/Fe, and K/Al indicates a millennial-scale variability of suspension transport of the Yangtze River-derived fine sediments. Intervals of minimum grain size correspond to the low Yangtze River discharge events recorded in the northern East China Sea core and weak monsoon events recorded in some of stalagmite records within the Yangtze River drainage at millennial-scale, suggesting high discharge could transport the coarser materials as suspension load.

The contribution of each grain size mode and major elements ratio are significantly controlled by the Yangtze River discharge though the previous studies have suggested that the source rock compositions and chemical weathering intensities in the drainage basin account for the compositional variations of the River sediments. The extensive alongshore mud belt represents the southward transport of Yangtze-derived sediment. Most of this mud has been transported southward in the past 6.5-7ky BP after sea level reached its mid-Holocene highstand, which is the interaction among summer monsoon, winter monsoon, tide, current and river discharge at different timescale. The signal of monsoon climate registered in the fine-grained sediments must be more carefully interpreted considering the sediment transport process, and more attention to high-resolution and reliable provenance proxies for each grain size fraction is required.

沖縄県久米島の化石サンゴを用いた、東シナ海域の古気候復元 -完新世中期・後期境界の気候変動の解明に向けて-
Fossil coral sea-surface temperature reconstructed at Kume Island at the mid- to late Holocene boundary

関有沙^{1*}, 横山 祐典², 鈴木 淳³, 川久保 友太¹, 菅 浩伸⁴, 宮入 陽介², 岡井 貴司³, 松崎 浩之⁵, 浪崎 直子⁶
Arisa Seki^{1*}, Yusuke Yokoyama², Atsushi Suzuki³, Yuta Kawakubo¹, Hironobu Kan⁴, Yosuke Miyairi², Takashi Okai³, MATSUZAKI, Hiroyuki⁵, NAMIZAKI, Naoko⁶

¹ 東京大学大学院理学系研究科, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ 産業技術総合研究所, ⁴ 岡山大学大学院教育学研究科, ⁵ 東京大学大学院工学系研究科, ⁶ 国立環境研究所

¹School of Science, The University of Tokyo, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ³Geological Survey of Japan, AIST, ⁴Graduate school of Education, Okayama University, ⁵School of Engineering, The University of Tokyo, ⁶National Institute for Environmental Studies

比較的一定で穏やかだと考えられてきた完新世の気候にも、千年スケールの変動があることが近年の研究により明らかになってきた。完新世(過去約 11,700 年間)は慣習的に、初期・中期・後期完新世と 3 つに区分して呼ばれていたが、急激な気候変動が全球的に起こったことが報告されている 8.2 ka(8,200 年前)と 4.2 ka(4,200 年前)を境とし、地質時代の境界を定義する提案が現在なされている(Walker et al., 2012)。完新世中期・後期境界として着目されている 4.2 ka には、中低緯度域での乾燥化や高緯度域での寒冷化などが報告されているが、東アジア地域では一部矛盾した報告もある(Mayewski et al., 2004; Walker et al., 2012)。この時代には、太平洋の東西でサンゴ礁の形成が停止していたことから、太平洋全域規模での気候変動が起こっていたことも示唆されている(Toth et al., 2012)。太平洋の西岸境界流である黒潮は海洋から大気への熱輸送に重要な役割を果たしており、また黒潮域の水温は気候変動に敏感に反応することが知られているにも関わらず(Wu et al., 2012)、黒潮域での高時間解像度の気候復元は行われていない。そこで本研究では、完新世中期・後期境界における黒潮域、特に東シナ海の気候復元を高解像度で行うことを目的とした。高時間解像度の気候復元を行うため、夏と冬の水温をそれぞれ独立に復元可能なハマサンゴ(*Porites* sp.)を用いて古水温復元を行った。

東シナ海に位置する久米島から採取した 2 群体の化石サンゴについて放射性炭素年代測定を行い、それぞれ 3785 ± 85 cal. yr BP(約 3.8 ka)と 4495 ± 95 cal. yr BP(約 4.5 ka)に成長していたものであることを明らかにした。この化石サンゴ 2 試料と、Sr/Ca-SST(Sea-Surface Temperature)換算式作成のための現生サンゴの Sr/Ca 比を測定し、現生サンゴの Sr/Ca 比から Sr/Ca-SST 換算式を作成した。この Sr/Ca-SST 換算式を化石サンゴの Sr/Ca 比に適用し、3.8 ka と 4.5 ka の夏と冬の SST をそれぞれ独立に復元した。その結果、夏・冬ともに 4.5 ka から 3.8 ka にかけて水温が明瞭に低下したことが世界で初めて明らかになった。また、この水温低下が PME(*Pulleniatina* minimum event; Ujiie and Ujiie, 1999)と呼ばれる黒潮の弱化イベントと時期が一致していることと、夏と冬の水温が同程度低下していたことから、黒潮の弱化が水温低下の原因である可能性を示唆した。

今後、本研究で採取して年代測定を行った化石サンゴの Sr/Ca 比の分析をさらに進めることにより、水温低下の時期をより制約できることが期待される。また、黒潮の変動は太平洋の変動と密接に関わっているため、年代をより制約し、他地域の気候変動との比較をより詳細に行うことで、完新世中期・後期境界の気候変動の時空間分布の解明に貢献できることが期待される。

キーワード: 完新世, 4.2 ka, サンゴ, Sr/Ca, 海水温, 東シナ海

Keywords: Holocene, 4.2 ka, coral, Sr/Ca, SST, East China Sea

水月湖年縞堆積物中の碎屑物組成に基づく完新世降水量復元の試み Toward quantitative reconstruction of precipitation during the latest Holocene using the sediment of Lake Suigetsu

鈴木 克明^{1*}, 多田 隆治¹, 中川 毅², 五反田 克也³, 山田 和芳⁴, 長島 佳菜⁵, 小島 秀彰⁶

Yoshiaki Suzuki^{1*}, Ryuji Tada¹, Takeshi Nakagawa², Katsuya Gotanda³, Kazuyoshi Yamada⁴, Kana Nagashima⁵, Hideaki Kojima⁶

¹ 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻, ²University of Newcastle, ³ 千葉商科大学政策情報学部, ⁴ 早稲田大学人間科学学術院, ⁵ 海洋研究開発機構 地球環境変動領域, ⁶ 若狭三方縄文博物館

¹Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, ²University of Newcastle, ³Faculty of Polycy Informatics, Chiba University of Commerce, ⁴School of Human Sciences, Waseda University, ⁵Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Research Institute for Global Change, ⁶Wakasa Mikata Jomon Museum

福井県三方五湖の一つである水月湖は、湖水深が面積の割に深いこと、周囲を山地に囲まれていて風による擾乱を受けにくいこと、季節によって異なる懸濁粒子、沈殿粒子が堆積することなどによって、7万年以上前からの年縞堆積物がほぼ連続して保存されていることで知られている。水月湖では、1993年、2006年に掘削された堆積物コア試料から多数の落葉が採取され、これを用いて放射性炭素同位体比の測定が高解像で行われ、世界最高水準の精度の年代モデルが確立された(Bronk Ramsey et al. 2012)。2012年の再掘削(SG12)では、得られたコアについてこの年代モデルを用いて高精度、高時間解像度での完新世および最終氷期の古気候記録を復元することを目指している。

水月湖には直接の流入河川がなく、隣接する三方湖に流入するハス川からの碎屑物が河川碎屑物の主要供給源と考えられるが、それは三方湖を介して流入するため、細粒の懸濁粒子のみが水月湖心に到達する。また、大陸からの風成塵フラックスは、滋賀県琵琶湖においてはおよそ5mg/cm²/yr(Xiao 1997)であり、水月湖心での堆積速度(およそ45mg/cm²/yr)(Fukusawa et al. 1994)を考慮すると、碎屑物の中でも風成塵の寄与は大きいと考えられている。さらに、通常時の碎屑物のほかに、地震などによる湖縁辺斜面からの堆積物の再堆積もあると言われている。しかし、これらの供給源が異なる碎屑物を堆積物中で明確に見分ける手法が未だ確立していない。また、これまでの水月湖堆積物を用いた古気候復元研究としては、花粉分析に基づいた気温復元、ESR信号強度に基づくダストの供給源変動復元、宇宙線生成核種を用いた集水域からの碎屑物の流入量の推定などが行われてきた。しかし、降水量復元に関しては、粘土鉱物のうち illite の X線回折強度のピークと洪水起源と見られるイベント堆積物の対応関係が示唆されるにとどまっておらず(Fukusawa et al. 1994)、降水量の定量復元はなされていない。

そこで本研究では、河川起源懸濁物の流量が降水量と一般に良い相関を持つことを利用して、日本海沿岸地域の完新世の降水量を定量的に復元することを目指す。具体的には、水月湖に堆積する河川起源懸濁物のフラックスを堆積記録から復元し、現行河川の懸濁物フラックスと河川水流出量との関係を用いて、降水量を導き出すことを計画している。今回は、そのための第一段階として、近代の降水量観測記録が残っている表層付近堆積物を使って河川起源懸濁物フラックスを算出し、観測降水量との対比に基づいて、掘削地点における懸濁物の堆積フラックスと降水量の間の相関関係を確立する。

そのためには、河川起源懸濁物のフラックスを復元する際に、水月湖に流入する碎屑物の起源と起源別の組成を知り、起源別に寄与率を推定する必要がある。そこで、まずは表層付近の過去およそ300年の堆積物について碎屑物を用いた元素・鉱物組成を分析し、得られたデータを基に碎屑物の端成分推定を行うとともに、得られた端成分が、現在水月湖に供給されるどの起源の碎屑物に該当するのかを検討する。そのために、はず川の懸濁物、風成塵、湖周辺の岩石についても組成分析を行って、端成分の結果との比較を行う予定である。

キーワード: 降水量復元, 年縞堆積物, 懸濁物, 水月湖, 古気候

Keywords: reconstruction of precipitation, annual laminated sediment (varve), suspended particles, lake Suigetsu, paleo-climate

水月湖年縞堆積物から見た気候変動の同時性と異時性

Synchrony and asynchrony of climate changes derived from the SG06 varved sediment core from Lake Suigetsu, Japan

中川 毅^{1*}, クリストファー ブロンク ラムジー², リチャード スタッフ², シャルロット ブライアント³, ゴードン シュロ ラウト⁴, マイケル マーシャル⁵, アヒム ブラウアー⁴, ヘンリー ラム⁵, パヴェル タラソフ⁶, 原口 強⁷, 五反田 克也⁸, 米延 仁志⁹, 多田 隆治¹⁰, 横山 祐典¹⁰, Suigetsu Varves 2006 project members¹¹

Takeshi Nakagawa^{1*}, BRONK RAMSEY, Christopher², STAFF, Richard², BRYANT, Charlotte³, SCHLOLAUT, Gordon⁴, MARSHALL, Michael⁵, BRAUER, Achim⁴, LAMB, Henry⁵, TARASOV, Pavel⁶, HARAGUCHI, Tsuyoshi⁷, GOTANDA, Katsuya⁸, YONENOBU, Hitoshi⁹, TADA, Ryuji¹⁰, YOKOYAMA, Yusuke¹⁰, Suigetsu Varves 2006 project members¹¹

¹ ニューカッスル大学 (英), ² オックスフォード大学, ³ NERC 放射性炭素実験施設 (環境学), ⁴ ポツダム地質学研究所, ⁵ アベリストウィス大学, ⁶ ベルリン自由大学, ⁷ 大阪市立大学, ⁸ 千葉商科大学, ⁹ 鳴門教育大学, ¹⁰ 東京大学, ¹¹ www.suigetsu.org
¹ University of Newcastle, ² University of Oxford, ³ NERC Radiocarbon Facility (Environment), ⁴ GeoForschungsZentrum, Potsdam, ⁵ Aberystwyth University, ⁶ Free University Berlin, ⁷ Osaka City University, ⁸ Chiba University of Commerce, ⁹ Naruto University of Education, ¹⁰ University of Tokyo, ¹¹ www.suigetsu.org

福井県の水月湖から 2006 年に採取された連続堆積物コア (SG06) の花粉分析を実施することで (n=1283) 同地域に起こった過去 15 万年分の気候変動を復元した。SG06 コアには、年縞の計数と放射性炭素年代測定 (n=808) によって世界最高精度の時間軸が与えられている。また地磁気の Laschamps エクスカーションに相当する ¹⁴C のピークも検出されている。これらを利用することで、日本、中国、グリーンランド、南極における気候変動のタイミングを精密に比較した。その結果、以下のことが明らかになった:

1. 晩氷期から完新世への移行は非常に急激であり、北大西洋と日本で同時であった。
2. 北大西洋のベーリング期に相当する晩氷期の温暖期は、アジアと南極において早く始まり、大気循環の再構成を経て北大西洋に伝播した。
3. D-O イベント 9 から 11 までの温暖化イベントも同様に、アジアと南極において早く始まった。
4. いわゆる氷河期における 1000 年スケールの気候変動には、おそらく比較的単純かつ周期的な未知のフォーシングが存在している。北大西洋においては、海洋の鉛直循環がオンとオフの極端な状態しかとれないため、温暖化イベントは時系列的に不規則かつ急激なものとなっているが、これはおそらく北大西洋の地域的な特異性によるものであり、1000 年スケールの気候変動のメカニズムを考える上ではおそらく本質的ではない。

なお以上のうち、とくに結論の 1 (完新世開始のタイミング) は、発表者らにより 2003 年のサイエンス誌に掲載され、同年の合同学会でも口頭発表された内容と矛盾する。これは、2003 年の結論は水月湖 1993 年コア (SG93) の分析にもとづいているが、SG93 のコアとしての連続性が当時想定されていたよりも低く、したがって時間軸の精度に問題があったことによる。SG06 の分析では、SG93 で発生した問題はすべて解決されており、時代にかんする議論の信頼性はきわめて高い。

なお結論の 2 は 2003 年の結論と整合的である。また 3 と 4 は、SG06 の分析によって新たに導かれた結論である。

キーワード: 水月湖, SG06, 年縞堆積物, 気候変動, 花粉分析, 放射性炭素

Keywords: Lake Suigetsu, SG06, Varved sediment, Climate change, Palynology, Radiocarbon

琵琶湖湖底堆積物中微量元素からの古環境復元 Paleoenvironment reconstruction from minor elements in sediment of Lake Biwa

内藤 慶一^{1*}, 横山 祐典¹, 宮入 陽介¹, 中野 孝教², 宮川 千絵²
Keiichi Naito^{1*}, Yusuke Yokoyama¹, Yosuke Miyairi¹, Takanori Nakano², Chie Miyakawa²

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 総合地球環境学研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute University of Tokyo, ² Research Institute for Humanity and Nature

Climate changes during last Pleistocene to Holocene are characterized by Glacial-Interglacial Cycle, or more shortly, Dansgaard-Oeschger Cycle, and so on (Dansgaard et al., 1993). To reconstruct these millennial scale climate change, it is necessary to analyze high resolution geological records.

Lake sediment is one of geological records that can be analyzed high resolution because of their high accumulation rates. Thus, we can reconstruct paleoenvironments in high precision by analyzing lake sediments (Yancheva et al., 2007; Nakagawa et al., 2006).

In Asian region, climate is largely controlled by East Asian Monsoon (EAM). In summer, EASM (East Asian Summer Monsoon) brings moist and warm climate in the region, whereas EAWM (East Asian Winter Monsoon) is characterized as cold and relatively dry air originated from Siberian High, which intensified in boreal winter. According to paleoclimate archives, it has been said that EAM intensity are related to global climate change (Wang et al., 2001; Katsuta et al., 2007), thus it is important to reconstruct behavior of EAM.

As, Fe/Mn ratio, and Mass Accumulation Rate (MAR) in the sediment of lake Biwa show clear decrease of lake level in 30ka, which has lowest level in past 50kyrs. In same age, there is positive and negative peak in Sr and Nd isotope data respectively. These isotopic data indicates source materials and their contribution rates to sediment. The peak of isotopic data shows greater contribution of dusts from Taklimakan desert, which indicates either stronger Winter Monsoon, or southern shift of Westerly Jet. However, our data set requires higher resolution, so that we can separate source areas of sediment in detail. Furthermore we can reconstruct climate changes that occur in short time scale.

キーワード: 湖, 堆積物, 古環境

Keywords: Lake, sediment, Paleo-environment

長野県深見池の年縞堆積物を利用した花粉分析による定量的気候復元の精度検証 Testing the accuracy of quantitative climate reconstruction using fossil pollen data of annually laminated sediment

北川 淳子^{1*}, 山田 和芳², 星野 安治³, 大山 幹成⁴, 篠塚 良嗣⁵, 米延 仁志⁶

Junko Kitagawa^{1*}, kazuyoshi yamada², Yasuharu Hoshino³, OHYAMA, Motonari⁴, YOSHITSUGU SHINOZUKA⁵, Hitoshi Yonenobu⁶

¹ 国際日本文化研究センター, ² 早稲田大人間科学学術院, ³ 奈良文化財研究所, ⁴ 東北大学術資源研究公開センター植物園,

⁵ 北海道大地球環境科学, ⁶ 鳴門教育大学校教育

¹IRCJS, ²Waseda University, ³NRICP Nara, ⁴Tohoku University, ⁵Hokkaido University, ⁶Naruto University of Education

定量的気候復元は地域的な気候変動のみならず、地球規模での気候変動を知る上で大きな役割を果たす。花粉のデータは地上の気候の定量的復元を可能とし、日本では、現在、350地点以上の表層花粉データの利用が可能で、気象庁のデータを利用してベストモダンアナログ法により定量的気候復元が福井県三方湖や水月湖の花粉分析データで行われてきた。その精度は leave-one-out 法の検証ではかなりよい精度で復元できると言われている。しかしながら、実際の堆積物での花粉分析でどれほどの精度があるかの検証はされたことがない。そこで長野県深見池から採取した 10-6-1 と 10-3-1 コアの年縞堆積物を利用して 10-6-1 では 1918 年から 1980 年まで、10-3-1 では 1920 年から 1969 年の花粉分析を行い、花粉分析による定量的気候復元のソフトウェア、Polygon2.2.4 (<http://dendro.naruto-u.ac.jp/~nakagawa/>) を利用し、年平均気温、春の平均気温 (3 月、4 月、5 月)、夏の平均気温 (6 月、7 月、8 月)、秋の平均気温 (9 月、10 月、11 月)、冬の平均気温 (12 月、1 月、2 月)、温暖指数 (WI)、寒冷指数 (CI)、年降水量、春の降水量、夏の降水量、秋の降水量、冬の降水量を復元した。その上で、深見池に最も近い 1900 年代初頭からの観測データが得られる飯田気象台の観測データと平均値を比較し、相関係数を求めた。復元値のコア間の相関も求めた。分析は 1 年毎に行い、マーカージェインを利用して花粉の年毎の 1 平方センチメートルあたり流入量を計算し、それを利用して、堆積物の 5 年分、11 年分、21 年分、31 年分を分析したときの流入量を計算し、各花粉分類群のパーセントを求めたデータを復元に用いている。

降水量の復元では、平均値は実測値に近い値に復元されるものの、相関が悪く、常に同じ値が復元されてくる。信頼性に乏しいと言える。気温は年平均気温と秋と冬の平均気温の復元では、実測値の値に近く復元された。相関係数は 11 年と 21 年で最もよくなり、31 年になるとやや低下した。復元値の平均のコア間の相関もよいことから、復元値は信頼ができると言える。しかし、冬の復元では 10-3-1 コアで若干実測値との相関が悪い。春と夏は平均値に大きな差がでることがわかった。夏は相関がなかった。夏の気温の復元は花粉分析においてモダンアナログ法では難しいようである。春については復元値と実測値の分析層が 11 年以上で相関はよく、復元値のコア間の相関もよいものの、それぞれの平均値の差が 1 から 1.9 と大きいと、春の復元値は信頼性に欠ける。WI の復元では復元値の平均がコア間で大きく異なる。10-6-1 の復元では実測値に比較的近かったものの、10-3-1 では差が大きかった。相関係数はいずれのコアでも分析年数が増加するほど改善され、復元値のコア間の相関も高くなる。しかしながら、実測値との平均の差が大きいため、信頼性に欠ける。CI の復元では平均値は実測値に近く復元された。復元値と実測値の相関係数は 21 年で最も高い値を示し、31 年で低下した。復元値のコア間の相関も同様の動きをした。かなり信頼のおける復元と言える。

最近の傾向として、高分解能の分析が多くなされるようになってきた。しかしながら、この分析の結果から花粉分析では 1 年?5 年というような高分解で分析しても復元値は実測値との相関が悪く、実際の値とかけ離れている可能性が高く、むしろ 10 年?20 年程度での分析が適当と考えられる。日本では降水量の復元は難しい。日本は世界的にみても降水量の非常に多い地域であり、多少の降水量の増減で花芽の形成や、花粉の生成は影響を受けにくいと考えられる。そして、春と夏の気温の復元においても難しいことがわかった。この時期は多くの植物では開花し、次の年の花芽を形成する時期であるが、花粉の形成に関して言えば、その後の時期になってくるため、秋と冬の気温の復元のほうが良い結果が得られた可能性がある。これらの結果は日本の長野県深見池の花粉分析結果によるもので、他地域について同様のことが言えるかどうかは今のところ不明であるが、気温、降水量、植物層に大きな違いがない場所では適用できると考える。それらの大きな違いのある地域での花粉分析での定量的気候復元では、異なった結果が予想される。

キーワード: 深見池, 花粉分析, 定量的気候復元

Keywords: Fukami-ike lake, pollen analysis, climate reconstruction

韓国北東海跡湖の生態系に与える気候変動および人為活動の影響 Effects of natural climate change and human activity on the lagoon ecosystem in the northeast Korea

香月 興太^{1*}, 瀬戸 浩二², ヤン ドンユン¹, 中西 利典¹, 安原 盛明³, ウム インクァン¹, ユン ユンヨル¹, 高田 裕行⁴, 大塚 雅史⁵, チェン C.W. リチャード³, 鹿島 薫⁵, キム ブークン⁴
Kota Katsuki^{1*}, Koji Seto², Dong-Yun Yang¹, Toshimichi Nakanishi¹, Moriaki Yasuhara³, In-Kwon Um¹, Yoonyeol Yoon¹, Hiroyuki Takata⁴, Masashi Otsuka⁵, Richard C.W. Cheung³, Kaoru Kashima⁵, Boo-Keun Khim⁴

¹ 韓国地質資源研究院, ² 島根大学, ³ 香港大学, ⁴ 釜山大学, ⁵ 九州大学

¹Korea Institution of Geoscience and Mineral Resources, ²Shimane University, ³University of Hong Kong, ⁴Pusan National University, ⁵Kyushu University

Although both human activity and natural climate change affect the aquatic environment and ecosystem of lagoon, the majority of previous researches on lagoon eutrophication discussed the effects of human-induced eutrophication. The effects of climate change have been comparatively less discussed. Thus, we reconstructed the environment and ecosystem changes since the little ice age in a seasonally frozen lagoon Hwajin-po locates along the northeastern coast in Korea, based on multi proxy analyses (CNS, XRF, grain size, diatom, foraminifera, ostracoda) of sediment samples, in order to discover the impact of eutrophication and climate change on the lagoon ecosystem.

Lagoon Hwajin-po locates along the northwestern coast in Korea, and is seasonally ice-covered. At present, Hwajin-po is eutrophic lagoon dominated by plankton. Although Hwajin-po is shallow as maximum depth is about 4 m, anoxic water mass was observed during summer time. In July 2012, two 2-m long sediment cores (Hw12-A and -B) were obtained from the outer lake of Lagoon Hwajin-po using a push-in piston corer; at that time the water depths were 3.85 and 3.92 m. Based on the sediment core analysis, eutrophication of lagoon Hwajin-po started in late 1970s by human activities. Before the 1970s, lagoon Hwajin-po was probably sea-grass dominating lagoon. Effect of human activity in itself was confirmed since the early 20th century. Volume of sediment inflow from the catchment area increased since then, and it changed the assemblages of benthic biota in the Lagoon Hwajin-po. On the other hand, lagoon environment and ecosystem showed the cyclic change before the 19th century. In this presentation, impact of climate change on the lagoon ecosystem is discussed based on this periodical environmental change between 15th and 19th centuries.

Keywords: Coastal Lagoon ecosystem, microfossil, chemical component, anthropogenic impact, climate change

青森県小川原湖における汽水湖沼堆積物に記録された近年の堆積環境の変化 Change of recent sedimentary environment recorded to the coastal Lagoon sediment in the Lake Ogawara, Aomori Prefecture

永島 郁^{1*}, 瀬戸 浩二², 吉田 明弘³, 篠塚 良嗣⁴, 山田 和芳⁵, 米延 仁志⁶

aya nagashima^{1*}, Koji Seto², Akihiro Yoshida³, YOSHITSUGU SHINOZUKA⁴, Kazuyoshi Yamada⁵, Hitoshi Yonenobu⁶

¹ 島根大学院総理, ² 島根大学汽水域研究センター, ³ 東北大学, ⁴ 北海道大学, ⁵ 早稲田大学, ⁶ 鳴門教育大学

¹Geosci. Shimane Univ, ²ReCCLE, Shimane Univ, ³Tohoku University, ⁴Hokkaido University, ⁵Waseda University, ⁶Naruto University of Education

古環境や古気候を解析するためには、それを記録する堆積物の特徴を明らかにしておく必要がある。しかし、汽水湖沼は、流入河川からの堆積物の供給や、潮汐、気候変動、人間活動などの影響で湖沼の堆積環境が大きく変化し、それぞれ特徴的な湖沼環境を示すことが知られている。このような汽水湖沼堆積物に記録された近年の堆積環境の変化を高解像度で復元することを目的とし、青森県小川原湖において2012年11月にコアリングを行った。

調査地域である小川原湖は、青森県東部に位置する汽水湖である。湖水は、表水層(0~10m)、変水層(10~18m)、深水層(18m以深)の三層構造に区分され、変水層以深では、無酸素~強還元的な環境を示す。

調査は小型船舶を用い、広域底質調査を行った地点であるOg20, 33, 64, 84, 95, 97の6地点でショートコアを採取した。コア長はそれぞれ、17cm, 35cm, 43cm, 32cm, 18cm, 32cmで、主に泥質堆積物である。ショートコアは半割し、記録後、1cm間隔でスライスし、粒度分析およびCNS元素分析を行った。

湖北のOg20では、上位は緑黒色を示し、下位では比較的明るい色調を示した。黒色層の平均粒径は6.3で、下位の明るい層で5.8と粗い粒度を示した。黒色層では、3.5, 5.5, 7.5のモードを持つ多峰性の頻度分布を示した。下位の層では、3.5のモードを持つ正規分布を示した。全有機炭素(TOC)濃度は、上位の黒色層で6%と高く、下位の層で2%と低い値を示した。全イオウ(TS)濃度は下位では3.5%にまで達する。湖心のOg64は、コア全体を通して黒色を示した。平均粒径は6.5~8.5で、上位ではOg20と同様なモードを持つ多峰性の頻度分布を示したが、下位では7.5にモードを持つ正規分布を示した。TOC濃度は、表層で9%を示すが、それ以深ではわずかに減少する傾向を示した。逆に、TS濃度は、下位に向かって増加し、最下位では3%に達した。湖南のOg84, 97の上位の層は黒色を示すが、それより下位の層では相対的に明るい色調を示した。黒色層の平均粒径は、6.5で、下位の層は8.0を示し、Og64と同様なモードの変化を示した。TOC濃度は、黒色層で7%前後を示すが、それ以深の層では減少する傾向にある。一方TS濃度は、黒色層で2.5%前後と比較的高く、それ以深では0.4%と低い値を示した。これらの結果から、現在における表水層影響下の環境から、中塩分還元的な現在の変水層の環境へと移行していることが示唆される。3.5, 5.5, 7.5のモードの粒度組成の特徴はそれぞれ、太平洋側からの密度流起源によるもの、密度流起源による浮遊懸濁態、河川起源による浮遊懸濁態であると考えている。下位の明るい層の単峰性の粒度分布から、黒色の多峰性の粒度分布に変化していることから、現在の水質結果と2000年以前の水質結果とを比べてみると、変水層における中塩分化が進んでおり、太平洋側からの密度流による比較的粗粒な堆積物の供給が増加していることを示唆している。

キーワード: 汽水湖, 小川原湖, TOC 濃度, TS 濃度, 粒度分析

Keywords: Coastal Lagoon, Lake Ogawara, TOC content, TS content, grain size analysis