

## 貴州省中央部における Ediacara 系 Doushantuo 層の化学層序 Chemostratigraphy of the Ediacaran Doushantuo Formation in central Guizhou province

古山 精史朗<sup>1\*</sup>, 狩野 彰宏<sup>1</sup>

Seishiro Furuyama<sup>1\*</sup>, Akihiro Kano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>九州大学

<sup>1</sup>Kyushu University

マリノアン氷期 (6.3 億年間) やガスキエス氷期 (5.8 億年前) はエディアカラ紀 (635 ~542 Ma) における大規模な気候変動としてよく知られている。これらの氷期がエディアカラ動物群の出現の時期と同調していることから、初期多細胞動物進化と古海洋環境の変化の関係性が注目され、活発に研究されている。両者の関連を明らかにする上で、南中国に分布する楊子地塊は格好のフィールドである。ここでは、浅海?海盆環境で堆積した保存の良いエディアカラ系が広く分布しており、またエディアカラ紀の化石を多産することでも知られている。

楊子地塊から得られる化石として、動物胚と考えられる化石はよく知られているが (Xiao et al., 1998)、Miaohe biota や Weng 'an biota などの初期多細胞動物化石も多く産出している。楊子地塊の海盆相に位置する貴州省中央部 Wenghui セクションもまた、楊子地塊の代表的な化石産出地域の一つである (Jiang et al., 2011)。ここからは藻類化石・海綿・環形動物と考えられる化石等が報告されており (Wang and Wang 2008, 2010)、それらの化石群は Wenghui biota と呼ばれている (Jiang et al., 2011)。しかしながら、化石の産出や記載に関する報告は複数あるものの、地球化学的手法を用いた研究はほとんど行われていない。そのため、化学層序が組み立てられている楊子地塊上の他セクションとの対比も十分に行われていない。そこで本研究では、Wenghui セクションについて地球化学的なアプローチを新たに行う。

Wenghui セクションの層厚は約 65m で、下位から Nantuo 層、Doushantuo 層、Liuchapo 層が露出する。これらのうち Nantuo 層は、マリノアン氷期の氷礫岩として楊子地塊上で広く対比されている。Doushantuo 層は炭酸塩岩・黒色頁岩から構成されている。Wenghui biota はこの Doushantuo 層上部の黒色頁岩層から報告されている (Wang and Wang 2008, 2010)。しかしながら今回の調査で、新たに藻類や海綿骨針と考えられる化石を含む層準を Doushantuo 層下部の炭酸塩岩層から発見した。これらの化石はアパタイトに置換されて保存されていると考えられる。また Doushantuo 層を通じてパイライトが見られ、還元的な環境で堆積したことを示唆している。最上位の Liuchapo 層では黒色頁岩と黒色チャートが互層を成していた。この Liuchapo 層は、楊子地塊の浅海相に露出する Dengying 層に対比されている。また Doushantuo 層を通じてパイライトが見られ、還元的な環境で堆積したことを示唆している。

地球化学的なアプローチとして、炭素や酸素の安定同位体の測定を行った。得られた結果を地質学的なデータと併せて考察し、Wenghui セクションの古海洋環境及び楊子地塊上の他セクションとの対比を行う。

キーワード: エディアカラ紀, 化学層序, 中国

Keywords: Ediacaran, chemostratigraphy, China

## セノマニアン期末に大陸棚斜面から大陸棚へ進行した無酸素-絶滅の繰り返し事変 Repeated anoxia-extinction episodes progressing from slope to shelf during the latest Cenomanian

海保 邦夫<sup>1\*</sup>, 片瀬真利<sup>1</sup>, 大庭雅寛<sup>1</sup>, マルコス ラモルダ<sup>2</sup>

Kunio Kaiho<sup>1\*</sup>, Masatoshi Katabuchi<sup>1</sup>, Masahiro Oba<sup>1</sup>, Marcos A. Lamolda<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科地学専攻, <sup>2</sup> グラナダ大学

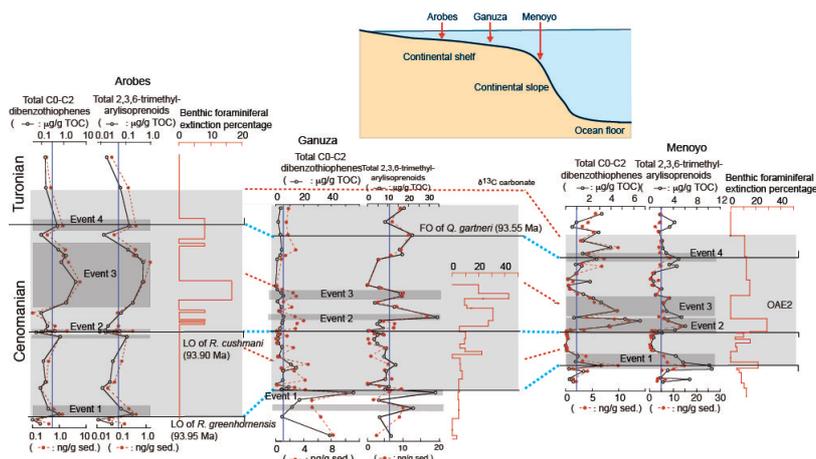
<sup>1</sup>Institute of Geology and Paleontology, Tohoku University, <sup>2</sup>University of Granada

Oceanic Anoxic Event 2 (OAE 2) during the Cenomanian?Turonian (C/T) transition caused stepwise marine extinctions. Using organic compounds, stable carbon and oxygen isotopes, and foraminifera from three depth-transect sections in northern Spain, this study revealed repeated anoxic/euxinic events coinciding with warming and stepwise extinctions of planktonic and/or benthic foraminifera within intermediate to surface waters in the proto-North Atlantic during the C/T transition. Those short-duration euxinic events occurred four times: at 93.95 Ma, marked by the extinction of *Rotalipora greenhornensis*; at 93.90 Ma, marked by the extinction of *Rotalipora cushmani*; at the mid-time maximum of the plateau of the  $\delta^{13}C$  of carbonates (93.70 Ma); and at the time of the C/T boundary (93.55 Ma). Furthermore, the main benthic foraminiferal extinctions occurred during the first and second euxinic events in the upper slope, during the second and third euxinic events in the outer to middle shelf, and during the third and fourth events in the middle shelf. The main euxinic events in each section also showed a progression to the shallow shelf. The main anoxia-extinction events occurred in the upper slope and outer shelf then moved to the middle shelf. The shallowest section had relatively weak anoxia and a proportionally low extinction rate. These new findings indicate that foraminiferal extinctions started from the intermediate water and the continental slope and then moved to the continental shelf. This was the result of the repeated progression of euxinic-anoxic water from the upper slope to the middle shelf on the eastern continental margin of the proto-North Atlantic four times during a 400 kyr period, to the end of the Cenomanian.

Kaiho, K., Katabuchi, M., Oba, M., Lamolda, M. (2013) Repeated anoxia-extinction episodes progressing from slope to shelf during the latest Cenomanian. *Gondwana Research*, in press.

キーワード: バイオマーカー, 海洋無酸素事変 2, 絶滅, 無酸素, 表層水温

Keywords: biomarker, Oceanic Anoxic Event 2, extinction, anoxia, surface temperature



## 白亜系海洋無酸素事変層準の堆積岩のケロジェン分析：有機物相および有機質微化石の特徴

### Kerogen analysis of sedimentary rocks deposited during the Cretaceous OAEs

安藤 卓人<sup>1\*</sup>, 沢田 健<sup>1</sup>, 岡野 和貴<sup>1</sup>, 小刀 禰 宅朗<sup>1</sup>, 高嶋 礼詩<sup>2</sup>, 西 弘嗣<sup>2</sup>

Takuto Ando<sup>1\*</sup>, Ken Sawada<sup>1</sup>, Kazsuki Okano<sup>1</sup>, Takuro Kotone<sup>1</sup>, Reishi Takashima<sup>2</sup>, Hiroshi Nishi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学大学院理学研究院・自然史科学部門, <sup>2</sup> 東北大学・総合博物館

<sup>1</sup> Faculty of Science, Hokkaido University, <sup>2</sup> Tohoku University Museum, Tohoku University

中期白亜紀は特に温暖な時代で、葉理が明瞭で有機物に富む黒色頁岩の堆積によって特徴づけられる海洋無酸素事変(OAE)が頻繁に起きたと考えられている。OAEは大規模火成区(LIPs)の噴火などに伴った環境擾乱による海洋の成層化や表層の基礎生産の増大によって引き起こされたと考えられており、その際には大量の有機炭素が海洋底層に埋没した。OAE層準は有機物がよく保存されている層準であり、有機質微化石(パリノモルフ)を多く含むため、それを用いた研究がなされてきた(例えば, Heimhofer et al., 2006)。しかし、花粉や孢子、渦鞭毛藻シストなどの特定の微化石群の研究に偏っているといえる。本研究では、蛍光顕微鏡を用いてケロジェンの有機物相(パリノファシス)観察と、アクリタークなどのごく小さな微化石を含む詳細なパリノモルフ分析を行った。

試料は南東フランス・ポコンティアン堆積盆から採取したOAE1a(Goguel), 1b(下位より Jacob, Kilian, Paquier, Leenhardt), 1c(名称なし), 1d(Breistroffer), 2(Thomel)層準の黒色頁岩試料を用い, Sawada et al. (2012)に従ってケロジェンを分離し、蛍光顕微鏡によるパリノファシス/パリノモルフ分析を行った。

パリノファシス分析の結果から、不定形有機物(Amorphous organic matter; AOM)が全体の8割近くを占めていることが分かった。また、蛍光特性から、NFA(Non fluorescent AOM), WFA(Weakly fluorescent AOM), パリノモルフの破片と考えられるFA(Fluorescent amorphous AOM)の3種類に分類した。その結果、WFAはGoguel, Breistroffer, Thomel層準において顕著で、NFAはOAE1bの4層準とOAE1c層準において顕著であった。WFAは海生藻類由来、NFAは陸起源の有機物であるとされるため、陸源物質の寄与がOAE1b・OAE1c期に強まった可能性が指摘できる。また、続成が異なる試料でもケロジェンの蛍光特性に影響がほとんど現れなかった。定型有機物(Structural OM)に関しても、OAE1b層準の4層準、OAE1c層準で木片やクチクラが多くみられたが、WFAが多く海生有機物が多いThomel層準でも同程度見受けられた。南東フランスにおいてOAE1b, 1c期だけではなくOAE2期においても陸源物質が多量に海洋に流入した可能性がある。

パリノモルフ観察の結果から、Goguel層準は他のOAE層準と比べて、コケ・シダ植物の孢子であるTrileteとMonoleteが相対的に少なく、針葉樹由来の花粉が多く含まれた。コケ・シダ植物は湿潤な環境を好み、これらの孢子は河川経路で運搬されると考えられる。OAE1b期以降のポコンチアン海盆周辺において、後背地の湿潤化とそれに伴った海洋の富栄養環境が広がっていた可能性がある。海生のパリノモルフについては、OAE1a層準では突起物の無いSphaeromorphタイプのアクリターク、OAE1bの4層準では突起物が長いAcanthomorphタイプのアクリターク、OAE1c層準ではOligosphaeridium属の渦鞭毛藻シスト、OAE1d層準ではサイズの小さいAcanthomorphタイプのアクリターク、OAE2層準ではSpiniferites属の渦鞭毛藻シストが特徴的に見受けられた。Sphaeromorph, Acanthomorphタイプのアクリタークは緑藻類のファイコーマ、渦鞭毛藻のシストとそれぞれ関係性が指摘されている。また、OAE1aとOAE1b層準においては、ブラシノ藻のファイコーマ様のPteromorphタイプのアクリタークも発見された。これらのシスト化石はいずれも独立栄養の藻類に由来すると考えられるため、表層の主要な基礎生産者がOAEによって異なっていたことが指摘される。従属栄養型の渦鞭毛藻シストであるOdontochitina属は他のシストよりも沿岸に分布するとされるが、これはOAE2とOAE1c層準で多く見受けられ、OAE2層準ではさらに浮遊性有孔虫の有機質化石も見つかった。

キーワード: 海洋無酸素事変, ケロジェン, 渦鞭毛藻, アクリターク, 有機質微化石, 有機物相(パリノファシス)

Keywords: oceanic anoxic events (OAEs), kerogen, dinoflagellate, acritarch, palynomorph, palynofacies

## 千葉県市原市瀬又における藪層内部，貝化石密集層の構造解析 Analysis of shell beds from Yabu Formation in Semata, Ichihara City, Chiba Prefecture, Japan.

主森 亘<sup>1\*</sup>

Wataru Tonomori<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東京都市大学 知識工学部 自然科学科

<sup>1</sup> Faculty of knowledge engineering, Department of Natural Sciences, Tokyo City University

千葉県市原市瀬又に分布する第四紀更新統藪層(約30万年前)は、堆積構造や産出化石の種組成の研究が多くなされてきた(例えば、青木・馬場, 1970; 西川ほか, 2000)。しかしながら、藪層内にしばしば見られる貝殻密集層についての詳細な構造解析は充分ではない。そこで、藪層中の貝化石密集層を定方位ブロックサンプリングし、詳細な構造解析を行った。

瀬又に露出している藪層(層厚約3m)においては、下部にハンモック状斜交層理(HCS)やスウェール状斜交層理(SCS)が発達し、層理面上に貝化石が密集している。露頭下底部から約1m30cmに、貝化石密集層が多く挟在する。本研究では、HCS / SCS層理が発達した下部ユニットと貝化石密集層が多い上部ユニットとの境界面から上位約40cmまでの定方位ブロックサンプリングを行った。

藪層は未固結の砂層であるため、定方位ブロックサンプリングを行うために、40cm × 40cm × 30cmの木枠(通称:ゴツソ)を作成し、使用した。定方位試料を研究室に持ち帰り、上部から層理面を一枚一枚剥くようにクリーニングした。この際、化石が見られた層準から化石が見えなくなるまでの層準を1 sectionとして記載した。本研究で調べた部分は層厚にして約40cmに相当する。記載した項目は、二枚貝化石のconvex-up/down(層理面に対して貝の凸面の向き)・方位・水平方向の位置情報・種・最大殻長(=L)であり、各 sectionでのconvex-up率・産出個体数・化石面密度(=化石が占める面積/各 sectionでの全体面積)・サイズ分布(L 40mm, 40mm>L>20mm, 20mm Lの3区分)を計測した。

sectionは下位から上位に計60に区分できた。各 sectionの層厚は3mm~12mmであった。産出し、同定できた化石は427個体であった。その内、二枚貝が13種423個体、巻貝が2種2個体、掘足貝1種2個体であった。二枚貝は全て離弁であった。convex-up率は、48のsectionで80%以上であった。これは、貝殻が乱流下ではなく定方向流下での堆積したと考えられる。一方、section10,58,59におけるconvex-up率は50%以下であった。この層準では、定方向流による運搬によって貝殻が堆積していないと考えられる。産出個体数・化石面密度は、section01~44間で産出個体数/化石面密度は増加傾向にあり、section44以降、減少していく。これは、堆積場の条件の変化や堆積物の運搬過程における条件の変化を示している。サイズ分布では、20mm Lの二枚貝と40mm Lの二枚貝のサイズ分布変動を見てみると、20mm Lの二枚貝が多産するsectionでは、40mm Lの二枚貝の産出が乏しいという相関がある。これは、底層流の流速や流向の違いで、運搬されてくる貝殻サイズに選別が生じた事を表している。

本研究により、以下の2つが言える。1) 未固結の砂層に対しても、本研究の方法を用いることでブロックサンプリングは可能である。2) 貝化石密集層内を詳細に調べることで、貝化石密集層が複数回の堆積イベントによって形成されたことが明らかとなった。

キーワード: 定方位サンプリング, 貝化石密集層, 藪層, タフォノミ

Keywords: oriented block sampling, shell beds, Yabu Formation, taphonomy

## 形態空間における形の豊富さの測度 Measuring morphological richness in morphospace: another look at disparity

生形 貴男<sup>1\*</sup>  
Takao Ubukata<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 静岡大学  
<sup>1</sup>Shizuoka University

Detecting patterns of change in biodiversity has been at the center of paleontological studies during the past quarter-century. Recently, there has been much interest in relationship between taxonomic diversity and morphological disparity. Studies on diversity change need an appropriate measure of diversity as well as removal of sampling overprints. The taxonomic diversity is assessed through compilations of the number of taxa, i.e., taxonomic richness. Meanwhile, the morphological disparity is commonly based on measurements of morphological distance between objects, e.g., sum of variance, mean pairwise distance, range of variation etc. Richness and distance (or dissimilarity) are different properties of diversity and cannot be compared on an equal plane. Comparison between taxonomic diversity and disparity needs to develop measures of morphological richness such as number of pairwise character-state combinations and participation ratio. Counting the number of pairwise characters requires the division of the morphospace up into discrete bins. However, measures of morphological richness hitherto been available highly depends on how to bin the morphospace as well as on sample size.

Here, I would propose a method to assess morphological richness and morphological evenness that are robust with respect both to option for analysis and sampling effort. At the first step, the probability density of data in a morphospace is estimated using multi-dimensional kernel density estimation instead of depicting a histogram. In the next step, randomized subsampling of data is designed to remove sampling intensity biases using the probability densities at the positions where the sampled data occupy in the morphospace. Subsampling is carried out until the data that have been sampled have a summed total of the probability densities which equals a fixed proportion. This approach is closely related to the shareholder quorum sampling rather than classical rarefaction. A morphological richness is assessed by an extent of the Bayesian highest posterior density region of the probability density of the subsample in the morphospace. Conventional participation ratio based on discrete criteria is extended to a case of continuous variables so as to define a new measure of morphological evenness.

Keywords: disparity, richness, evenness, morphospace