

## 巻貝における貝殻螺旋成長の分子メカニズム Molecular mechanisms of shell coiling in gastropods

清水 啓介<sup>1\*</sup>, 遠藤 一佳<sup>1</sup>  
Keisuke Shimizu<sup>1\*</sup>, Kazuyoshi Endo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院 理学系研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Science, The University of Tokyo

巻貝の多様な貝殻の形態進化の理解には貝殻成長の遺伝的基盤の理解が必要不可欠であるが、これまでに後期成長に着目した研究は行なわれていない。先行研究において右巻のタケノコモノアラガイ (*Lymnaea stagnalis*) において、dpp が貝殻の初期形成を担う貝殻腺の右側でのみ発現することは知られているが、後期成長において dpp がどのような役割を果たしているかは不明であった。本研究では、貝殻の後期成長を担う外套膜に着目し、dpp の発現解析を行なった結果、*L. stagnalis* の右巻では右側で、左巻変異体では左側で強く発現するのに対し、笠型の貝殻を持つセイヨウカサガイ (*Patella vulgata*) やクサイロアオガイ (*Nipponacmea fuscoviridis*) では左右対称に dpp の発現がみられた。さらに、*L. stagnalis* を用いて貝殻成長が開始されるベリジャー期に Dpp のシグナル阻害剤 (ドルソモルフィン) による機能阻害実験を行なった結果、貝殻が巻かない表現型が得られた。これらの結果は、Dpp の濃度勾配が貝殻の成長勾配を生み出し、外套膜上での dpp の発現パターンの変化が貝殻形態の進化を引き起こしている可能性を示唆している。

キーワード: 螺旋成長, 左右非対称性, 貝殻, 巻貝

Keywords: Shell coiling, Left-right asymmetry, Shell, Gastropod

## 底質環境に適応した堆積物食者の摂食戦略：浅海堆積物と深海堆積物から産出する 生痕化石 Phymatoderma の比較研究

Deposit-feeding strategy as an adaptation to substrate: comparison of Phymatoderma from shallow- and deep-sea deposits

泉 賢太郎<sup>1\*</sup>

Kentaro Izumi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東大地惑

<sup>1</sup>Dept. Earth and Planetary Science, Univ. Tokyo

Phymatoderma is a branching burrow system consisting of tunnels filled with fecal pellets, and has been interpreted as a product of a surface deposit-feeding animal. Elemental analyses of Phymatoderma were conducted to reveal the feeding mode of its producer, using samples from the Lower Jurassic epicontinental shelf deposits in the Dotternhausen section, southern Germany and from the Upper Pliocene continental slope deposits in the Shioura section, central Japan. Elemental compositions of the pelletal infill of Phymatoderma and its overlying mudstone from the Dotternhausen section show no significant difference, suggesting that the tracemaker was a non-selective deposit feeder. In contrast, elemental compositions of the tuffaceous pellets of Phymatoderma from the Shioura section and its overlying volcanic ash show a difference: Ca is significantly concentrated in the pellets. Because microfossils such as foraminifera and coccoliths are occasionally found in the tuffaceous pellets, Ca accumulation in the pelletal infill indicates that the Phymatoderma-producer that lived in the Pliocene slope setting selectively ingested particles with higher biomass of such microorganisms (or ingested microorganisms themselves) when feeding the surface sediments. These two feeding modes of the producer were recognized in Phymatoderma of different bathymetrical settings, and each feeding mode seems to be an effective strategy to intake nutrients from the surface sediments, reflecting an adaptation of the tracemaker to the food-contents in the surrounding substrate. This study demonstrated for the first time that geochemical composition of fecal pellets of trace fossils can be a useful indicator of grain-selective/non-selective deposit-feeding strategies of ancient animals.

## 暁新世 / 始新世温暖化極大期の深海底生生態系の有機炭素循環 Organic carbon cycling in deep-sea benthic ecosystem during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum

山口 龍彦<sup>1\*</sup>, ノリス リチャード<sup>2</sup>, ボーネマン アンドレ<sup>3</sup>  
Tatsuhiko Yamaguchi<sup>1\*</sup>, NORRIS, Richard<sup>2</sup>, BORNEMANN, Andre<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 金沢大学, <sup>2</sup> カリフォルニア大学サンディエゴ校, <sup>3</sup> ライプツィヒ大学

<sup>1</sup>Kanazawa Univ., <sup>2</sup>Univ. California, San Diego, <sup>3</sup>Universitaet Leipzig

The Paleocene-Eocene Thermal Maximum (PETM) has been held up as a past analog to future warm environments and presents the opportunity to study climate impacts on marine communities. Today the deep-sea benthic ecosystem contributes substantially to carbon cycling in seafloor sediments. During the PETM, amount of carbon would have input into ocean and biosphere. The carbon could be taken up by organisms with higher metabolic rate under warm condition. However, the role of metabolic rates in benthic organisms has never been elucidated. Metabolic rates reflect respiration, that exchanges carbon between organic matter and carbon dioxide, thus respiration reflects both carbon cycling as well as metabolic rates in an organism. Here we evaluate respiration of ostracodes from DSDP Site 401, outer Bay of Biscay, North Atlantic through the onset of the PETM. Ostracode respiration can be calculated using body size and temperature. We measured ostracode body size and analyzed benthic foraminifer Mg/Ca thermometer. Body sizes of three species decreased through the onset of the PETM, while temperature of the bottom water increased. Estimates of the body size and temperature suggest a decline in lifetime respiration in ostracode individuals during the PETM interval. The reduced respiration might be related to decreases in metabolic rates and oxidation of organic matters. Dwarfed ostracodes during the PETM core interval would uptake less organic matters than ostracodes in the pre-PETM interval, since ecological studies show that modern ostracode grazing rates depend on their body-sizes. Hence we consider major changes in the energy and carbon balance of the benthic food-chains and the reduction of organic carbon flux between the ostracodes and sediments during the PETM. The decline in ostracode carbon flux contrasts with previous interpretations that benthic foraminifers switched their taxonomic composition that recycled more organic matters.

キーワード: DSDP Site 401, 貝形虫, 体サイズ, 代謝量, 暁新世-始新世温暖化極大期, 有機炭素循環

Keywords: DSDP Site 401, Ostracoda, Body size, Metabolic rate, Paleocene-Eocene Thermal Maximum, Organic carbon cycling

## デボン紀末絶滅事変近傍の海洋酸化還元変動：バイオマーカーからの証拠 Environmental changes spanning the end-Devonian extinction: Evidence from biomarkers

小形 優加里<sup>1\*</sup>, 海保 邦夫<sup>1</sup>, 大庭 雅寛<sup>1</sup>, 高嶋 礼詩<sup>1</sup>, 小松 俊文<sup>2</sup>

Yukari Ogata<sup>1\*</sup>, Kunio Kaiho<sup>1</sup>, OBA, Masahiro<sup>1</sup>, Reishi Takashima<sup>1</sup>, Toshifumi Komatsu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 熊本大学大学院自然科学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Science, Tohoku University, <sup>2</sup> Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

デボン紀後期は陸上の維管束植物が急激に進化し、有機土壌の生産が増大した時代であったが、同時に海洋無酸素事変が多発した時代でもあった。特に、デボン紀/石炭紀境界直下で起きた海洋無酸素事変は、一般に“ Hangenberg Event ”と言われている有機物豊富な黒色頁岩“ Hangenberg Black Shale ”の堆積で特徴づけられているデボン紀における重大な海洋無酸素事変の一つで、多くの海洋生物が絶滅している。しかし、“ Hangenberg Event ”が起きた時期や、その前後の時期の古環境変動の詳細な内容については、まだよく分かっていない部分が多い。本研究では、ベトナム東部 Cat Ba 島の Pho Han Formation のデボン紀/石炭紀境界近傍の地層（おそらく大陸棚斜面堆積物）について、詳細に調査を行った。また、“ Hangenberg Event ”が発生したデボン紀末絶滅事変とその直後の古環境変動を明らかにするために、有機地球化学的分析を行った。

全有機炭素含有量、全硫黄含有量、ジベンゾチオフェンは、このセクションの黒色頁岩層の基底からデボン紀/石炭紀境界を含む層準まで、他の層準に比べて著しく高い値を示す。このことから、この時期のこの場所の海洋中では、無酸素環境が広がるイベントがあったと考えられる。陸上植物由来の土壌の海洋への流入を示す有機分子であるジベンゾフランやコロネンは、デボン紀末の全有機炭素含有量が高い層準で他の層準に比べて多く検出された。また、陸上高等植物由来の有機分子であるカダレンは、同じ層準で他の層準に比べて10倍程度高い値をとった。このことから、この時期に陸上から海洋に陸上植物由来の有機物が多く流入したと考えられる。また、デボン紀末の全有機炭素含有量が高い層準では、バクテリア由来の有機分子であるホバン、真核生物由来の有機分子であるステランが、他の層準に比べて継続的に検出された。また、C<sub>27</sub>/ (C<sub>27</sub>+C<sub>29</sub>) ステランも、同じ層準で堆積物中に海洋起源の有機物が多く含まれていることを示す0.45以上の値をとった。これらのことから、有機物の堆積が増加した時期にバクテリアや真核生物の活発な活動が続いたことで、全体の有機物中の海洋一次生産による有機物の割合が、陸起源有機物に比べて多かったと考えられる。バクテリアや真核生物の活動が活発化した原因として、ジベンゾフランやカダレン、コロネンの値に見られる陸上からの有機物の流入の増加が可能性の一つとして挙げられる。陸上から有機物が流入したことで海洋が富栄養になり、活発な一次生産が継続的に行われて多くの有機物が生産されたと考えられる。また、その分解に海洋中の酸素が使われたことで、海洋は嫌気的な環境が広がっていったと考えられる。そして、嫌気的な環境が広がったことで有機物の分解が滞り、多くの有機物が分解されないまま堆積し、全有機炭素含有量の増加に見られる有機物の堆積の増加があったと推察される。さらに、硫酸還元菌由来の有機分子と考えられる2-メチルテトラデカン、3-メチルテトラデカン、緑色硫黄細菌由来と考えられる有機分子であるアリルイソプレノイドは、全有機炭素含有量が高い層準中で、他の層準に比べて継続的に一定に高い値を示していた。全有機炭素含有量が高い層準中でこれらの有機分子の値の挙動がよく一致していることから、この時期に硫酸還元菌の活発な活動が続いたことで、硫化水素に富む還元的な環境が有光域にまで広がったと推察される。以上のように、陸上からの有機物流入の増加による海洋還元環境の発達によって、デボン紀末における絶滅事変が発生したと考えられる。

## Leaking Earth: An ultimate trigger of the Cambrian explosion Leaking Earth: An ultimate trigger of the Cambrian explosion

丸山 茂徳<sup>1\*</sup>, 澤木 佑介<sup>2</sup>

Shigenori Maruyama<sup>1\*</sup>, Yusuke Sawaki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学 地球生命研究所, <sup>2</sup> 東京工業大学大学院 理工学研究科 地球惑星科学専攻

<sup>1</sup>Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, <sup>2</sup>Tokyo Institute of Technology

The Phanerozoic time began from the Cambrian explosion. Most of the ancestral life forms, more than at least 20 Phyla, appeared in a short time from 540-520Ma. Metazoans up to 35 Phyla appeared by the end of the Cambrian at 488Ma. Since then, animals and plants began to diversify extensively in association with environmental and geochemical diversifications. This is initiated by the global supply of nutrients. An abrupt increase of nutrient supply was caused by the emergence of huge landmass, because the amount of water in the mantle wedge must have increased from 1.0wt% to 6.5 wt%, if subduction zone geotherm began to cut the boundary of the stability field between clinoclone peridotite and antigorite peridotite during the cooling. This means the initiation of return-flow of seawater into mantle during the Neoproterozoic, so called Leaking Earth.

We envisage the following processes for the dawn of the Phanerozoic. (1) initiation of return-flow of seawater into mantle was caused by hydration of mantle wedge, (2) leading to the drop of sea-level. (3) Subsequently, the coast line moved oceanward to increase the size of landmass, (4) with the resultant birth of huge river systems to transport large volumes of sediments (5) which buried organic matter synthesized by photosynthesis by algae and cyanobacteria. (6) The burial of organic matter resulted in accumulating oxygen in atmosphere as back reaction to consume free oxygen in atmosphere is prevented. (7) High pO<sub>2</sub> began to be kept and finally diffused upwards to form the ozone layer. (8) Ozone layer shielded the ultraviolet radiation from Sun, thereby enabling plants and animals to invade the land. Firstly, cyanobacteria invaded in the swamp along the river to lake. It gradually evolved to algae, bryophytes and to Tracheophytes by late Devonian.

Initiation of return-flow of seawater into mantle began 4.0 b.y after the birth of planet with R (radius) = 6400km and only 3-5km thick ocean. It brought a golden era of life, accompanying global supply of nutrients continuously. The leaking Earth was the fate of cooling planet, Earth, covered by ocean. It is an ultimate trigger of the Cambrian explosion.

## ブラジル・バイーア州の新原生代スロンボライトと球体構造：最古の多細胞動物として想定されるイメージ

### Neoproterozoic thrombolite and spherical structures from Brazil: Expected images of the oldest multicellular animal

狩野 彰宏<sup>1\*</sup>, 古山精史朗<sup>1</sup>, 曾根知実<sup>1</sup>, 奥村知世<sup>1</sup>, 高島千鶴<sup>2</sup>, 白石史人<sup>3</sup>

Akihiro Kano<sup>1\*</sup>, Seishiro Furuyama<sup>1</sup>, Tomomi Sone<sup>1</sup>, Tomoyo Okumura<sup>1</sup>, Chizuru Takashima<sup>2</sup>, Fumito Shiraishi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>九州大学比較社会文化, <sup>2</sup>佐賀大学文化教育, <sup>3</sup>広島大学理学研究科

<sup>1</sup>SCS Kyushu University, <sup>2</sup>FCE Saga University, <sup>3</sup>Fac. Sci. Hiroshima University

過去 20 年間の新原生代堆積岩の研究は、少なくとも 2 度起こった全球凍結に象徴される気候激変と特異な物質循環を提示するとともに、生命進化の痕跡を数多く見いだした。私たちは新原生代の新たな生命の痕跡を求め、ブラジル国バイーア州中部に分布するウナ層群・サリトレ層の炭酸塩岩を調査した。本層は氷礫岩上に累重し、基底部にはキャップカーボネートを伴う。その年代的帰属についてはマリノアン氷期後とスターチアン氷期後に見解が分かれる (Sial et al., 2010)。

サリトレ層の岩相的は、ストロマトライトの様な極浅海域で堆積したもものから、有機物に富みスランプ構造を伴う深海性のものである。有機物に富む炭酸塩岩中には、直径約 5mm の指状構造が密集した部分があり、スロンボライトと呼ばれてきた。この構造は密集し、全体として厚さ数 m 幅、幅 20 m 超のレンズを形成している。指状構造の一部には初期硅化を受けたものが認められ、その中にはペロイドの集合体が認識された。この構造はストロマトライトのように微生物が主体となって作られた可能性もあるが、内部に縞状組織が認められず、外形が極めて均一であることから、多細胞動植物体の石化による構造とも解釈できる。生物進化の時代的背景を考慮すれば、海綿動物が最も有力な候補として挙げられるだろう。硅化部に残されたペロイド状組織は海綿動物が腐敗した時に生じる構造 (Neuweiler et al., 2007) にも似ている。

また、この炭酸塩岩からは直径 4mm に達する球形の構造も認められた。この構造は薄い有機物の膜により仕切られ、中には炭酸塩のセメントが充填している。新原生代に多産するアクリタークも有機膜を保存するが、4mm という直径は異様に大きい。チオマルガリータの様な巨大細菌でも無いだろう。動物の卵であるとも考えられるが、現在の海綿動物の卵にもこの様な大きさの物は無い。しかし、これらが海綿動物を由来としているならば、動物の多細胞化を理解する上で極めて重要な資料になる。

Neuweiler et al. (2007) *Jour. Sediment. Res.*, 77, 552-563.

Sial et al. (2010) *Development in Precambrian Geology*, 16, 31-69

キーワード: 新原生代, 動物進化, 炭酸塩岩, ブラジル

Keywords: Neoproterozoic, animal evolution, carbonate, Brazil

## 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

## セノミ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

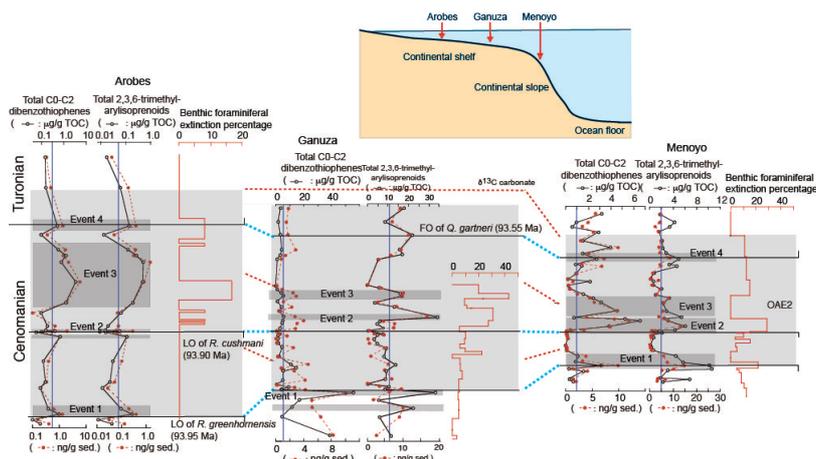
<sup>1</sup>Institute of Geology and Paleontology, Tohoku University, <sup>2</sup>University of Granada

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由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