

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^{1*}, 遠藤 一佳¹
Keisuke Shimizu^{1*}, Kazuyoshi Endo¹

¹ 東京大学大学院 理学系研究科

¹ 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^{1*}

Kentaro Izumi^{1*}

¹ 東大地惑

¹Dept. 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^{1*}, ノリス リチャード², ボーネマン アンドレ³
Tatsuhiko Yamaguchi^{1*}, NORRIS, Richard², BORNEMANN, Andre³

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

¹Kanazawa Univ., ²Univ. California, San Diego, ³Universitaet 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^{1*}, 海保 邦夫¹, 大庭 雅寛¹, 高嶋 礼詩¹, 小松 俊文²

Yukari Ogata^{1*}, Kunio Kaiho¹, OBA, Masahiro¹, Reishi Takashima¹, Toshifumi Komatsu²

¹ 東北大学大学院理学研究科, ² 熊本大学大学院自然科学研究科

¹ Graduate School of Science, Tohoku University, ² 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、C₂₇/ (C₂₇+C₂₉) 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^{1*}, 澤木 佑介²

Shigenori Maruyama^{1*}, Yusuke Sawaki²

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

¹Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, ²Tokyo 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 pO₂ 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^{1*}, 古山精史朗¹, 曾根知実¹, 奥村知世¹, 高島千鶴², 白石史人³

Akihiro Kano^{1*}, Seishiro Furuyama¹, Tomomi Sone¹, Tomoyo Okumura¹, Chizuru Takashima², Fumito Shiraishi³

¹九州大学比較社会文化, ²佐賀大学文化教育, ³広島大学理学研究科

¹SCS Kyushu University, ²FCE Saga University, ³Fac. 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20m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