

## 茎進化と冠進化：生命進化の大統一理論 Stem and crown evolution: United grand theory of life evolution

丸山 茂徳<sup>1\*</sup>; 戎崎 俊一<sup>2</sup>

MARUYAMA, Shigenori<sup>1\*</sup>; EBISUZAKI, Toshikazu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学地球生命研究所, <sup>2</sup> 理化学研究所

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

Evolutional theories have long been discussed since 19th century. One of the most famous theory of evolution was proposed by Darwin about 150 years ago. Since then, Gould's punctuated equilibrium theory, Kimura's neutral evolution etc were proposed and recently molecular biology is rapidly developing. However, there is discrepancies in proposed phylogenetic trees due to theoretical differences to analyze. So, we tried to implicate the evolution of history from synthetic paleogeographic map based on geological evidences including fossil data.

As a result, we propose there are two significant patterns of evolution through Earth history. One is stem evolution which occur at continental rift where atomic bomb magma erupt to accelerate the birth of new species by mutation. The other pattern is crown evolution that progress when continents collide after species were evolved in isolated environment such as places on fragmented continents. At the same time of those patterns of evolution, fluctuation happened in the Universe five huge impact on life history which is mass extinction. Activities such as starburst and collision between solar system and a dark nebula was the trigger to cause mass extinction and subsequent rebirth of another ecosystem on the Earth.

## 中期白亜紀海洋無酸素事変時の主な海洋基礎生産者は何か? : 海成ケロジェンからの証拠 What is main marine primary producer during the Cretaceous OAEs?: Evidences from marine kerogens.

安藤 卓人<sup>1\*</sup>; 沢田 健<sup>1</sup>; 高嶋 礼詩<sup>2</sup>; 西 弘嗣<sup>2</sup>  
ANDO, Takuto<sup>1\*</sup>; SAWADA, Ken<sup>1</sup>; TAKASHIMA, Reishi<sup>2</sup>; NISHI, Hiroshi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学大学院理学研究院・自然史科学専攻, <sup>2</sup> 東北大学・総合学術博物館  
<sup>1</sup>Faculty of Science, Hokkaido University, <sup>2</sup>Tohoku University Museum, Tohoku University

中期白亜紀海洋無酸素事変 (OAE) は白亜紀温暖期における重要なイベントであり、過去の超温暖環境の理解のためにも多くの研究がなされてきた。海洋表層の基礎生産の増大が無酸素化に寄与したと報告されているが、白亜紀の主要な海洋基礎生産者であると考えられている円石藻や渦鞭毛藻の生産は OAE 期には減少していたことが微化石記録から示されている。また、2-methyl hopanoid や isorenieratane などのバイオマーカーを用いた分析から、シアノバクテリアや緑色硫黄細菌の活動が示唆されているが、それらの化合物の検出は層準・地域ともに限定される。したがって、OAE 期に海洋でどのような微細藻類が優勢であったのかは未だに決着していない。ケロジェン中のアモルファス有機物 (AOM) や極微小な海生パリノモルフは黒色頁岩の主要な有機質成分であるが有機質微化石分析の際にはサイズ分画の際に除去され、軽視されてきた。本研究では蛍光顕微鏡を用いて AOM や極微小なアクリタークを含めたケロジェンの蛍光顕微鏡観察、熱分解・熱化学分解分析をし、OAE 期の海洋基礎生産変動の復元を行なった。

南東フランス・ボコンティアン堆積盆から採集した OAE1a (Goguel), OAE1b (Jacob, Kilian, Paquier), OAE1d (Breistroffer), OAE2 (Thomel) 層準の堆積岩試料からケロジェンを分離した。AOM は蛍光特性から NFA (non-fluorescent AOM), WFA (weakly fluorescent AOM), FA (fluorescent AOM) に区分した。熱分解分析・熱化学分解分析はキュリーポイント熱分解装置を用いた。

OAE1a 層準堆積岩中のケロジェンは、主に海生藻類に由来する WFA で構成されており、黒色頁岩層では WFA の割合がわずかに増加した。また、緑藻類が形成するファイコマと類似した sphaeromorph が他層準に比べて多く、特に極相期層準で多産することが分かった。緑藻類の繁茂も OAE1a 期の海洋無酸素化と関連している可能性が指摘できる。OAE1b 層準試料中のケロジェンは陸起源の NFA が主で、極相的な Kilian・Paquier 層準においては黒色頁岩中で WFA の割合が増大した。OAE1b 期には陸源物質の過剰流入が海洋無酸素化を起こした可能性が示されているが、それと同時に海洋基礎生産も高まった可能性を示す結果といえる。一方で、アクリタークは OAE1a 層準同様に黒色頁岩中で sphaeromorph がやや増加する傾向にあり、渦鞭毛藻シストと類似した acanthomorph のうち長い突起物を持つタイプ (long-spine type) が特に Paquier 層準で多産した。OAE1d, OAE2 試料は WFA が高い割合を占め、OAE2 層準の黒色頁岩層では特に高い割合であった (80-90%)。OAE2 中における活発な生産が示唆される。両層準共に黒色頁岩試料において主要なアクリタークは acanthomorph であった。また、OAE1d 層準からのみ両極から突起物が伸びた netromorph が産出された。OAE2 層準では寒冷化と同期した Trough interval において、WFA の減少と連動して sphaeromorph が増加するのに対し acanthomorph が減少した。熱分解・熱化学分解分析の結果、OAE1a 層準試料からは 2-methyl hopane が、OAE1b 試料からはイソプレノイドに由来する多量の分枝状アルカンが検出された。これらの結果は遊離態バイオマーカー分析の結果とも調和的である。特に Paquier 層準試料の WFA 濃集層では特徴的に分枝状アルカンが特徴的に検出され、その割合は遊離態として検出される尾-尾結合イソプレノイドの濃度変動とおおよそ相関する。尾-尾結合イソプレノイドは演者らの研究成果から緑藻類などが形成するリコパン骨格からなる巨大分子に由来すると推測されているが、この結果はその仮説を支持する。

キーワード: 海洋無酸素事変 (OAEs), ケロジェン, アクリターク, パリノファシス, 熱分解分析, 熱化学分解分析  
Keywords: Oceanic Anoxic Events (OAEs), kerogen, acritarch, palynofacies, pyrolysis, thermochemolysis

## 白亜紀の温暖化極相期における浮遊性有孔虫の殻サイズと海水温, 生産性の共変動 Paleotemperature, productivity and shell size of *Hedbergella delrioensis* in the Cretaceous thermal maximum

守屋 和佳<sup>1\*</sup>; 筒井 啓太<sup>1</sup>  
MORIYA, Kazuyoshi<sup>1\*</sup>; TSUTSUI, Keita<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 早稲田大学教育学部地球科学専修

<sup>1</sup>Dep. Earth Sciences, Sch. Education, Waseda Univ.

海棲原生生物である浮遊性有孔虫は、ジュラ紀中期に出現以降、白亜紀末と始新世末の2度の大規模な多様性減少を経験しながらも、現在まで繁栄を続けてきた(例えば, Norris, 1991)。なかでも白亜紀の浮遊性有孔虫は、両極に氷床の存在する現在とは異なる温室地球時代に多様化し、形態的にも、古第三紀や現世の種とは異なる空間を占めるものが存在し、独自の進化パターンを持っていたことが知られている(Norris, 1991)。白亜紀における浮遊性有孔虫の多様性変動については多くの研究が行われ、特に白亜紀前期から中期に多発した海洋無酸素事変などの大規模な環境擾乱イベントとの関連が議論されてきた(例えば, Leckie et al., 2002)。

一方、現世のコアトップや飼育実験などの解析から、浮遊性有孔虫群集全体のサイズ分布や、特定の種の殻サイズは、水温・塩分などの物理的因子や、餌の量(生産性)に依存して変化していることが知られているものの(Bijma et al., 1990a, 1990b; Schmidt et al., 2004)、白亜紀における有孔虫の殻サイズの経時変化については、多くの議論は行われてこなかった。そこで、本研究では、白亜紀のなかでも温室時代極相期であるセノマニアン期中期の浮遊性有孔虫、*Hedbergella delrioensis*の殻サイズ分布の経時変化と古水温・塩分や生産量変動との関係を議論する。

試料には、国際深海掘削計画第207次航海で、赤道大西洋のDemerara Riseから採取された堆積物を持ちいた。64 $\mu$ mのふるいで洗浄した残渣から、125 $\mu$ m以上の粒子を抽出し、そこから、浮遊性有孔虫*H. delrioensis*を約100個体ピックアップした。ピックアップされた個体の最大径を計測し、各々の試料の殻サイズの平均値の経時変化を検討した。試料を採取したDemerara Riseでは、Forster et al. (2007)や、Moriya et al. (2007)により、すでにTEX<sub>86</sub>水温、浮遊性有孔虫の炭素・酸素同位体層序が明らかにされている。そこで、計測された有孔虫の殻サイズの経時変化と、上記のプロキシから得られた古水温、塩分、生産性とを比較したところ、炭素同位体比変動から生産性が上昇したと想定される層準では、殻サイズが有意に小さくなっていることが明らかになった。一方で、解析を行った地点では、古水温や塩分にはほとんど変化がないことから、殻サイズの変化は生産性の変化に応答したものと想定される。すなわち、生産性の向上により有孔虫への餌供給が増大した結果、より早く性成熟に達したものと推測できる。

Bijma, J. et al. (1990) Jour Foram Res. 20, 117-127.

Bijma, J. et al. (1990) Jour Foram Res. 20, 95-116.

Forster, A. et al. (2007) Geology. 35, 919-922.

Leckie, R. M., et al. (2002) Paleoclimatology. 17, 10.1029/2001PA000623.

Moriya, K. et al. (2007) Geology. 35, 615-618.

Norris, R. D. (1991) Paleobiology. 17, 388-399.

Schmidt, D. N. et al. (2004) Mar Micropaleontol. 50, 319-338.

キーワード: 白亜紀, 浮遊性有孔虫, 殻サイズ, 海水温, 生産性

Keywords: Cretaceous, planktic foraminifer, shell size, paleotemperature, productivity

白亜紀後期北米内陸海におけるスカフィテス科アンモノイド類の殻の破損に基づく捕食－被食関係の推定  
Durophagous predation on scaphitid ammonoids in the Late Cretaceous Western Interior Seaway of North America

竹田 裕介<sup>1\*</sup>; 棚部 一成<sup>2</sup>; 佐々木 猛智<sup>2</sup>; Landman Neil H.<sup>3</sup>  
TAKEDA, Yusuke<sup>1\*</sup>; TANABE, Kazushige<sup>2</sup>; SASAKI, Takenori<sup>2</sup>; LANDMAN, Neil H.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, <sup>2</sup> 東京大学総合研究博物館, <sup>3</sup> アメリカ自然史博物館  
<sup>1</sup>Department Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, <sup>2</sup>The University Museum, the University of Tokyo, <sup>3</sup>American Museum of Natural History

The study of the evolution of predator-prey interactions has contributed much to our understanding of the ecological background of biodiversity change through geological time, because they represent a driving force of natural selection. This study is the first to report a trend of predation intensity on scaphitid ammonoids from the Turonian to the Maastrichtian (Late Cretaceous) on the basis of analysis of ventral shell breakage in large samples from the U.S. Western Interior Province. Analysis of 835 adult specimens revealed ventral shell breakage in 50 specimens. In most of the damaged specimens, the breakage occurred in a preferred position at the rear part of the body chamber. Ventral breakage is rare in the Turonian specimens, whereas it is common in the Campanian and Maastrichtian specimens. The shell diameter of adult scaphitid ammonoids tends to increase with time. The position of the breakage and the absence of repairs indicate that the ventral breakage resulted from lethal predation. Based on the incidence of breakage and the size and shape of the breaks, possible predators include fish, reptiles, and cephalopods such as *Placenticeras*, *Eutrephoceras*, and coleoids. Our statistical analysis of ventral shell breakage indicates that the incidence of lethal predation increased in conjunction with an increase in adult shell size, suggesting that the body size of the prey was an important factor in predator-prey interactions. In addition, the predatory damage is more extensive in larger adults.

## 最古のマイルカ科化石が示唆するマイルカ科（鯨偶蹄目：ハクジラ亜目）の起源と急速な放散 Origin and rapid dispersal of oceanic dolphins (Odontoceti: Cetartiodactyla) based on the oldest fossil record.

平本 潤<sup>1\*</sup>; 甲能 直樹<sup>2</sup>  
HIRAMOTO, Jun<sup>1\*</sup>; KOHNO, Naoki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科, <sup>2</sup> 国立科学博物館, 筑波大学大学院生命環境科学研究科  
<sup>1</sup>University of Tsukuba, <sup>2</sup>National Museum of Nature and Science and University of Tsukuba, Japan

鯨偶蹄目、ハクジラ亜目に属するマイルカ科は、シャチやハンドウイルカなど、現生で17-19属36種前後を数え、現生鯨類の中でも最大のグループを形成している。しかしながら、マイルカ科の現在の多様性とは対照的に、この仲間の化石記録はこれまでのところ極めて限定的である。そのため、マイルカ科とそれに近縁な系統群がどのように進化し、適応放散していったのか、分かっていることは意外に少ない。DNAの塩基配列に基づいた分子系統解析によれば、マイルカ科は前期～中期中新世（23~14 Ma）には誕生していたとされている。しかし、現在のところ「最古」と称されるマイルカ科の化石で記載されているものは、北海道の後期中新世（約9 Ma前後）の年代の層準から産出した*Eodelphinus kabatensis*で、分子が示す分岐年代と実際の化石の産出年代には大きなギャップがある。

これまでに不確かながらマイルカ科として記載された化石のひとつに、長野県中部に分布する中部中新統別所層（およそ12 Ma前後）から産出した*Sinanodelphis izumidaensis* Makiyama, 1936が挙げられる。*S. izumidaensis*は比較的保存の良い前半身の骨格化石に基づきマイルカ科の新属新種として記載され、現在でも“シナノイルカ”の和名でよく知られている。しかし、ホロタイプが長野県の天然記念物指定を受けており、クリーニングなどの「現状変更」が原則として行えないなどの制約があることから、記載されて以降現在に至るまで、より詳細な研究が行われていなかった。そのため、*Sinanodelphis*は現在までマイルカ科である根拠を具体的に示すことができないまま、近年の研究ではより上位の分類単位であるマイルカ上科の所属位置不明として扱われている。そこで本研究では、*S. izumidaensis*をハクジラ類の系統進化史の中に位置づけるため、長野県および標本を所蔵する泉田博物館より正式に研究の許可を得ると共に、*S. izumidaensis*のホロタイプとほぼ同一層準（13.6~11.8 Ma）から知られ、*Delphinoidea* fam., gen. et sp. undet. とされていた未記載のイルカ類化石二点について、*S. izumidaensis*のホロタイプと併せてCTスキャン撮影や硬X線写真撮影などにより形態学的な再検討を行った。その結果、これらのイルカ化石は同じプロポーションの頭骨を持ち、極めて小さくかつ多数の歯からなる頬歯列を有し、外鼻孔が正中から左に偏って左右非対称となっているなど*S. izumidaensis*と同じ特徴を持っていることから、これらはすべて同一種に分類されることが明らかとなった。

以上の結果を踏まえて、今回*Sinanodelphis izumidaensis*のホロタイプと新たに検討を行ったイルカ化石を用いて、これまで詳しい検討を行うことが出来なかった*S. izumidaensis*の系統上の位置づけを明らかにするため形態解析を行った。形態解析には先行研究に基づき、84種のハクジラ類を内群として、古鯨類の*Georgiacetus*および*Zygorhiza*を外群に用いて、278の形質セットからなるデータマトリクスを作成して用いた。解析の結果、*S. izumidaensis*はマイルカ科の中に位置づけられ、内群の最初の分岐に位置づけられることが明らかとなった。分子から推定されているマイルカ科の分岐年代（23~14 Ma）と、*S. izumidaensis*の生息していた年代（13.6~11.8 Ma）を考慮すると、*S. izumidaensis*はマイルカ科の分岐直後に出現したということが出来る。

*Sinanodelphis izumidaensis*が知られる中期中新世においては、北太平洋の東岸、カリフォルニアの中部～上部中新統（13.6~10.3 Ma）から、未記載ながらもマイルカ科とされてきたイルカ類頭蓋標本が報告されている。このことから、*S. izumidaensis*はこの標本と共にほぼ同時代の北太平洋の東西両岸のマイルカ類の初期分布を代表していたと考えられ、マイルカ科の仲間は他のグループから分岐した直後には既に北太平洋に広く分布を急速に拡大させていたことが示唆される。従って、分子から推定されるマイルカ科の分岐年代に極めて近い地質年代から知られ、かつ現時点で最古のマイルカ科化石となる*S. izumidaensis*は、マイルカ科の分岐とその後の適応放散過程を考えるうえで、系統上非常に重要な位置にある種であったと考えられる。

キーワード: *Sinanodelphis izumidaensis*, マイルカ科, 中期中新世, 別所層および青木層  
Keywords: *Sinanodelphis izumidaensis*, Delphinidae, Middle Miocene, Bessho and Aoki Formation

鮮新世における benthic-pelagic coupling : 生痕化石 *Phymatoderma* に記録された地球  
化学的・微古生物学的シグナル  
Benthic-pelagic coupling in Pliocene ocean: Geochemical and micropaleontologic evi-  
dence in the ichnofossil *Phymatoderma*

泉 賢太郎<sup>1\*</sup>  
IZUMI, Kentaro<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター

<sup>1</sup>Center for Environmental Biology and Ecosystem Studies, NIES

Numerous studies have revealed the evidence of benthic-pelagic coupling in various ocean areas. In terms of marine benthos, it is well known that feeding, growth and reproduction are generally synchronized with the seasonal input of phytodetritus to the sea-floor. However, compared to examples of modern organisms, little is known about the evidence of the ancient benthic-pelagic coupling. Thus, the present study carried out the geochemical and microscopic analyses of the fecal pellet-filled ichnofossil *Phymatoderma* from the Pliocene deep-sea strata. The aim of this study is to assess whether benthic-pelagic coupling functioned in the ancient ocean, with special attention to the temporal relationship between phytodetritus input and deposit feeding by the trace-maker. Elemental analysis revealed that Ca, which is probably derived from the calcareous microfossils, is significantly accumulated in the tuffaceous pellets. Because the CaO content of the pelletal infill are generally similar to that of the host siltstones, it may be concluded that the recognized Ca accumulation in pellets does not reflect diagenetic alteration. SEM observations showed the presence of various types of microfossils (i.e., coccoliths, diatoms, planktonic foraminifera, radiolaria) within the pelletal infill of *Phymatoderma*. In addition, excreted tuffaceous fecal pellets are occasionally found to be composed exclusively of coccoliths. Considering all these lines of evidence, it is most likely that the deposit-feeding by the *Phymatoderma*-producer was synchronized with an episodic (probably seasonal) coccolithophore bloom deposition on the deep-sea floor. The reconstructed feeding strategy may have facilitated the effective uptake of freshly deposited phytodetritus. This interpretation is quite reasonable because such a mode of feeding has been commonly recognized in the case of deep-sea deposit-feeding macro and megabenthos. In summary, this study provides geologic evidence for benthic-pelagic coupling in the Pliocene ocean.