

エディアカラ紀に左右相称動物存在の証拠はあるか？ モンゴル西部のエディアカラ系生痕化石からの新知見

Do we have any evidence of the existence of bilaterian animals in the Ediacaran? New trace fossil data from the Ediacaran of western Mongolia

\*大路 樹生<sup>1</sup>、Dornbos Stephen<sup>2</sup>、矢田 圭吾<sup>3</sup>、長谷川 精<sup>1</sup>、Sersmaa Gonchigdorj<sup>5,4</sup>、望月 貴文<sup>5</sup>

\*Tatsuo Oji<sup>1</sup>, Stephen Dornbos<sup>2</sup>, Keigo Yada<sup>3</sup>, Hitoshi Hasegawa<sup>1</sup>, Sersmaa Gonchigdorj<sup>5,4</sup>, Takafumi Mochizuki<sup>5</sup>

1.名古屋大学博物館、2.University of Wisconsin-Milwaukee、3.名古屋大学環境学研究科、4.モンゴル科学技術大学、5.岩手県立博物館

1.Nagoya University Museum, Nagoya University, 2.University of Wisconsin-Milwaukee, 3.Graduate School of Environmental Sciences, Nagoya University, 4.Mongolian University of Science and Technology, 5.Iwate Prefectural Museum

従来、エディアカラ紀に左右相称動物の証拠が存在するかどうかについて、多くの議論がされてきた。しかし動物対そのものの化石についても、生痕化石についても、確実に左右相称動物の証拠は見つかっていない。エディアカラ系からは、原生動物や刺胞動物の作った生痕は見つかっているが、深く垂直に彫り込み、U字状の形態をもつ生痕は見つかっていなかった。我々はモンゴル西部のエディアカラ系上部の複数の層準より垂直構造を持つ、Arenicolitesに同定される生痕化石を見いだした。これらはおそらくU字状の管を持ち、生息した動物体はその一方で採餌し、一方で排泄を行う形態が示唆される。すなわち前後方向に長く伸びた形態を有した動物であり、左右相称動物であった可能性が高い。モンゴルは当時低緯度地域に存在していたと考えられ、他地域に先駆けて動物進化が進行していたと考えられる。

キーワード：エディアカラ紀、左右相称動物、モンゴル

Keywords: Ediacaran, bilaterians, Mongolia

オルドビス紀末大量絶滅イベントの環境変動解析—硫黄・炭素同位体比によるアプローチ  
A study of sulfur and carbon isotopes for understanding environmental changes in the  
Ordovician-Silurian extinction event

\*丸岡 照幸<sup>1</sup>、上松 佐知子<sup>1</sup>、指田 勝男<sup>1</sup>、Mat Niza<sup>2</sup>

\*Teruyuki Maruoka<sup>1</sup>, Sachiko Agematsu<sup>1</sup>, Katsuo Sashida<sup>1</sup>, Mat Niza<sup>2</sup>

1.筑波大学生命環境系、2.Geological Survey of Malaysia

1.Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2.Geological Survey of  
Malaysia

The end-Ordovician mass extinction was the first of the “Big Five” mass extinctions in the Phanerozoic and the first that affected animal-based communities. This event was likely related to the glaciation of Gondwana; however, the exact mechanisms that led to widespread death are still unclear. The elevated extinction rates were accompanied by a positive carbon isotope excursion. Therefore, not only climatic cooling or a major sea level drop can be related to this mass extinction, both of which are directly connected to glaciation, but also a major perturbation of the global carbon cycle may have been involved. However, it is very difficult to draw conclusions about what actually happened in the oceans only from carbon isotope data. Therefore, a multi isotope approach should be applied in order to understand paleoenvironmental change in oceans around the end-Ordovician mass extinction event.

In this study, isotope ratios and concentrations of carbon and sulfur were analyzed for Upper Ordovician to Lower Silurian shale at the Langkawi Islands in Malaysia. The results revealed that the carbon/sulfur ratio (wt%/wt%) varied periodically from less than 1 to ~30. Such periodical variation was interrupted by the position of the positive carbon isotope excursion. Such excursion was accompanied by C/S ratios of less than 0.1, lower than the minimum values during the periodical variation. This means that the depositions of organic carbon and pyritic sulfur occurred in highly anoxic oceans that might have contained hydrogen sulfide in the water column. At the onset of the end-Ordovician mass extinction, which can be characterized by the carbon isotope excursion, highly anoxic waters containing hydrogen sulfide likely expanded to shallow oceans where sand deposition occurred.

キーワード：オルドビス紀—シルル紀境界、炭素同位体、硫黄同位体、質量分析

Keywords: Ordovician-Silurian boundary, Carbon stable isotopes, Sulfur stable isotopes, Mass spectrometry

## 中部ペルム系岩井崎石灰岩上部の炭素同位体層序

The Carbon isotope stratigraphy of the upper part of the Iwaizaki limestone in the middle permian.

\*飛田 知世<sup>1</sup>、磯崎 行雄<sup>1</sup>、田畑 美幸<sup>2</sup>、松井 洋平<sup>3</sup>、西澤 学<sup>3</sup>、吉田 尚弘<sup>2</sup>

\*Tomoyo Tobita<sup>1</sup>, Yukio Isozaki<sup>1</sup>, Miyuki Tahata<sup>2</sup>, Yohei Matsui<sup>3</sup>, Manabu Nishizawa<sup>3</sup>, Naohiro Yoshida<sup>2</sup>

1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系、2.東京工業大学、3.国立研究開発法人海洋研究開発機構

1.Department of General Systems Studies Graduate School of Arts and Sciences The University of Tokyo, 2.Tokyo Institute of Technology, 3.JAMSTEC

ペルム紀中期/後期(G-L)境界直前のCapitanian末に主要な海棲動物の絶滅がおきた。これまでに北米テキサス、南中国の蓬萊灘、また日本の上村・赤坂などに産する、当時の低緯度地域で堆積した化石豊富な地層の詳細な層序が検討されてきた。Capitanian期後半におきた海水準低下や熱帯動物群の絶滅はグローバル寒冷化を示唆し、それと絶滅原因との関連が議論されてきた。しかし、当時の中緯度域における生物の応答についてはまだほとんどわかっていない。東北日本、南部北上帯のペルム系岩井崎石灰岩は、南中国地塊の北東延長部、すなわち低緯度ながらも比較的高緯度の陸棚浅海で堆積した石灰岩である。同石灰岩の中・上部(Kawamura & Machiyama, 1995によるUnit 3-7)は生物礁と、また最上部Unit 8は生物礁崩壊時の地層と解釈されている。上部のUnit 7およびUnit 8下部までCapitanianの大型フズリナ*Lepidolina*が産し、また石灰岩のSr同位体比はUnit 8の頂部に至るまで0.7068~0.7069という低い値をもつことから、Unit 7およびUnit 8最上部まで、すべてCapitanianに対比される。したがって、G-L境界自体は岩井崎石灰岩の中には含まれないことが確認された。本研究ではUnit 7上部およびUnit 8について、約200枚の薄片観察による化石生物の消長を検討し、さらに石灰岩の炭素同位体比を00層準について測定した。

その結果、大型フズリナなど温暖な浅海環境に適応したペルム紀浅海の動物群の主要な絶滅は、Unit 8の堆積期間中におきたことを確認した。一方、Unit 8の石灰岩の有機炭素同位体比は約 -25.4から -22.3%の範囲で変動した。無機炭素同位体比は現在測定中であるが、予察的に測られた値はおよそ+4%であった(Zakharov et al., 2000)。従って両者の差は約 26~29%となり、岩井崎石灰岩が堆積した浅海では通常の光合成に導かれた同位体分別が起きていたと考えられる。また、両同位体比が共に比較的高い値をとっており、Capitanianの“上村事件”(Isozaki et al., 2007, 2011)を記録していると考えられる。これまで“上村事件”の証拠は低緯度で堆積した宮崎県の岩戸層石灰岩や岐阜県の赤坂石灰岩、そしてクロアチアのVelebit石灰岩からのものに限定されていた。本研究結果は岩井崎石灰岩の最上部での生物礁の崩壊がグローバル寒冷化に関係していた可能性を示唆する。またロシア沿海州のSenkina Shapka地域には、堆積当時の岩井崎石灰岩に隣接して堆積したとみなされるChandalez石灰岩が分布する。このCapitanian石灰岩の炭素同位体比も現在分析中である。

キーワード：大量絶滅、ペルム紀、石灰岩、G-L境界

Keywords: mass extinction, Permian, limestone, G-L boundary

## ペルム紀末大量絶滅時の表層水溶存酸素と生物必須元素の枯渇と大量土壌流入

Oxygen and bioessential element-depleted surface waters with massive soil intrusion in the end-Permian mass extinction

\*海保 邦夫<sup>1</sup>、齊藤 諒介<sup>1</sup>、伊藤 幸佑<sup>1</sup>、宮地 崇至<sup>1</sup>、Tian Li<sup>2</sup>、佐野 弘好<sup>3</sup>、Shi Zhiqiang<sup>4</sup>、高橋 聡<sup>6</sup>、Tong Jinnan<sup>2</sup>、Liang Lei<sup>2</sup>、Oba Masahiro<sup>1</sup>、奈良 郁子<sup>5</sup>、土屋 範芳<sup>5</sup>、Chen Zhong-Qiang<sup>2</sup>

\*Kunio Kaiho<sup>1</sup>, Ryosuke Saito<sup>1</sup>, Kosuke Ito<sup>1</sup>, Miyaji Takashi<sup>1</sup>, Li Tian<sup>2</sup>, Hiroyoshi Sano<sup>3</sup>, Zhiqiang Shi<sup>4</sup>, Satoshi Takahashi<sup>6</sup>, Jinnan Tong<sup>2</sup>, Lei Liang<sup>2</sup>, Masahiro Oba<sup>1</sup>, Fumiko W. Nara<sup>5</sup>, Noriyoshi Tsuchiya<sup>5</sup>, Zhong-Qiang Chen<sup>2</sup>

1.東北大学大学院理学研究科、2.中国地質大学（武漢）、3.九州大学、4.成都理工大学、5.東北大学大学院工学研究科、6.東京大学

1.Graduate School of Science, Tohoku University, 2.China University of Geosciences, 3.Kyushu University, 4.Chengdu University of Technology, 5.Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 6.University of Tokyo

The largest mass extinction of biota in Earth's history consisted of two extinctions; a main extinction followed by a second extinction, occurred at the Permian-Triassic transition. Siberian volcanism is the most likely cause of this extinction event. However, the direct causal mechanism for the biotic crisis has long remained a matter of some dispute. We reconstructed the ocean redox structure in the low latitudes before, during, and after the main extinction event, including the second extinction event, using sedimentary organic biomarker proxies, redox-sensitive elements, and pyrite morphology. The results indicated that anoxic-suboxic or euxinic conditions developed in all waters in the low-latitude Panthalassa and Paleotethys during the main extinction event. In particular, there was massive soil and mud intrusion and an abrupt decrease in oxygen in the surface waters in both the Paleotethys and Panthalassa. Exhaustion of bioessential elements (molybdenum [Mo] and vanadium [V]) in the ocean occurred during and just after the main extinction event. The main extinction horizon in the shallowest section is marked by a peak in oxygen depletion and a marine productivity proxy of biomarkers, indicating that maxima of marine productivity coincided with the peak of oxygen depletion and the main marine extinction event. The high flux of soil and rock-derived nutrients leading to algal blooms could have caused oxygen depletion in the shallow surface water. Expansion of the oxygen minimum zone could have induced deep-surface water anoxia. Massive soil and mud intrusion alone may have damaged sedentary organisms. The low oxygen surface water accompanied by the shortage of bioessential elements and massive soil, mud, and nutrient intrusion in the oceans contributed to the main extinction. Recovery of oxygen in the surface waters occurred just after the mass extinction, suggesting that global warming and ocean acidification may have caused the second extinction in the early Triassic.

キーワード：大量絶滅、ペルム紀—三畳紀、酸素、微量元素、土壌、生物生産量

Keywords: mass extinction, Permian-Triassic, oxygen, minor element, soil, productivity

美濃帯犬山地域に分布する三畳系層状チャートに記録された天文学的周期に伴う生物地球化学的動態  
Orbitally-paced biogeochemical cycles recorded in the Triassic bedded chert sequence from  
the Mino Belt, central Japan

\*曾田 勝仁<sup>1</sup>、尾上 哲治<sup>1</sup>

\*Katsuhito Soda<sup>1</sup>, Tetsuji Onoue<sup>1</sup>

1.熊本大学自然科学研究科

1.Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Science, Kumamoto University

Bedded chert sequences in the Jurassic accretionary complexes of Southwest Japan consist of the rhythmic alterations of chert and shale beds whose thickness variations have been interpreted as recording astronomical cycles. However, recent critical cyclostratigraphic examinations from Japan require identification of driving force for their sedimentary rhythms. In this study, geochemical analyses using X-ray fluorescence spectrometry (XRF) were performed on the Triassic (Anisian-early Carnian) bedded chert sequence in the Mino Belt, central Japan. Remarkable behaviors of redox sensitive elements in the black shales suggest that the oceanic anoxic events developed frequently in the Anisian, despite the fact that the Anisian was the time of the recovery stage from the Permian/Triassic boundary Superanoxia. Cyclic oscillations of the biogenic apatite abundances have maximum values after the OAEs. These observations might represent the high planktonic diversification in the early Middle Triassic that triggered the Mesozoic Marine Revolution. A spectral analysis of major element data revealed that the time-series fluctuations in the chemical weathering intensity were controlled by the Milankovitch cycles and probably affected the oceanic redox condition during the Triassic. Amplitude modulations extracted from the chemical weathering intensity in the Triassic suggest that the climate experienced a transition from a grand astronomical cycle world to a relatively short cycle world in the early Ladinian. This paper proposed that a mechanism for the transition was resulted in organic carbon burial during the Early to Middle Triassic anoxic events and consumption of atmospheric CO<sub>2</sub> by intensified chemical weathering.

## 房総半島の中部更新統万田野層から産出したアシカ科齧脚類（哺乳綱：食肉目）の系統的位置とその意義

### Phylogenetic positions of the Middle Pleistocene otariid pinnipeds (Mammalia: Carnivora) from Japan and their implications

\*長塚 元規<sup>1</sup>、甲能 直樹<sup>2,1</sup>

\*motoki nagatsuka<sup>1</sup>, Naoki KOHNO<sup>2,1</sup>

1.筑波大学大学院生命環境科学研究科、2.国立科学博物館地学研究部

1.Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2.Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science

アシカ科（現生7属14種）は陸上と海洋の両方に生活圏を持つ半水生の食肉類である齧脚類に属する。アシカ科はその他の齧脚類（アザラシ科、セイウチ科）と比べて形態と大きさの性的二型を強く示し、雄は繁殖時に多数の雌を伴ってハーレムを形成するという生態的な特徴を持っている。現在、北半球に生息するアシカ科は3属3種で北太平洋沿岸に分布が限られるが、南半球では5属10種が南半球沿岸域に広く生息しており、その分布域の広さにおいてアシカ科の繁栄の中心は南半球沿岸にあると言える。しかしながら、アシカ科の化石記録は北太平洋地域から数や種ともに多く産出しており、またその分子系統解析結果も含めるとアシカ科の起源は15Maの北太平洋沿岸であることが推定されていることから、アシカ科の進化史においてはむしろ北太平洋沿岸の方が重要であると考えられている。しかし、アシカ科の化石は産出数に比較してその報告は決して多くなく、系統解析に用いることができる保存状態の良い頭蓋化石も少ないため、その正確な進化史と適応放散過程については未だ論争のさなかにある。

近年、千葉県市原市に分布する中部更新統の海成層である万田野層（0.6 Ma）から、アシカ科のほぼ完全な二つの頭蓋化石が産出した（千葉県立中央博物館所蔵：CBM-PV 7616, 7617）。CBM-PV7616は顔面頭蓋の一部を欠くみのほぼ完全な頭蓋標本である。一方、7617は顔面頭蓋を欠いているものの、脳頭蓋はほぼ完全に保存されている標本である。これらの化石はこれまでに日本の中部更新統から産出した齧脚類化石の中でも例外的に保存状態がよく、頭蓋として産出した最初の標本となる。更新世は現在の動植物相が完成するに至る移行期であり、気候や海進海退のサイクルが大きく変動した時代でもあった。この時代にアシカ科の分布や各地域の生物相に大きな変化が見られ、他の海生哺乳類においても同じく大きな変化が見られることから、更新世はアシカ科の系統進化や適応放散について、特に現生のアシカ科の生物相や分布を考える上で重要な時代である。このような観点から、本研究ではこの二つの頭蓋化石を中心として化石種を含む北半球のアシカ科全てにおける系統的な位置を明らかにすると共に、北太平洋におけるアシカ科の進化史について考察した。

解析にあたっては、先行研究で用いられた形態形質を基に更新し、化石種から得られた形質情報も参考にして相互に関連し合っている形質の統合と削除、複合的形質の分解、定義の曖昧な形質あるいは定義の不確かな形質の再定義と削除を行い、頭蓋から得た132形質、体骨格から得た18形質の計150の形態形質を用いて、30の分類群について系統解析を行った。また、分子系統解析によって得られている現生齧脚類の系統関係を制約樹として使用した。解析の結果、CBM-PV 7616は北米の中部更新統だけから知られていた絶滅種*Proterozetes ulysses*と単系統を作った。CBM-PV 7616と*P. ulysses*は吻部の最大幅が犬歯より後方であるという共有派生形質を持つが、互いに固有派生形質を持っていないことから、CBM-PV 7616は*P. ulysses*と同一種であると考えられる。また、*Eumetopias jubatus*（トド）が*P. ulysses*と上眼窩突起の形が四角形であること、上顎のP4とM1の間に広い歯隙があるという共有派生形質を持ち、姉妹群となった。一方CBM-PV 7617は*Zalophus californianus*（カリフォルニアアシカ）と*Zalophus japonicus*（ニホンアシカ）とで単系統を作った。これらは矢状稜が上眼窩突起の前方部まで発達するという共有派生形質を持つが、CBM-PV7617はどちらの種とも個々に共有派生形質を持っていないことや、それ自身が固有派生形質を持っていないことから、現時点では種を決定せず*Zalophus* sp.に留めている。

本研究における系統解析結果と先行研究の化石の産出記録から、少なくとも中期更新世の北西太平洋沿岸域において生息していたアシカ科の種数は、現在の本州近海に生息する種数よりもはるかに多く、またその分布範囲もより南方に伸長していたことが明らかとなった。また、今回初めてその生息が明らかとなった絶滅種の

*P. ulysses*は、これまでのところ中期更新世の北太平洋からしか知られていないことは極めて興味深く、少なくともこの時代の鰭脚類相が現在よりも種数と分布の両方において多様性に富んでいたことを示している。

キーワード：更新世、北太平洋、上総層群、万田野層、アシカ科、系統解析

Keywords: Pleistocene, North Pacific, Kazusa Group, Mandano Formation, Otariidae, Phylogenetic analysis