

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ chemostratigraphy of Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Craton, South China

*澤木 佑介¹

*Yusuke Sawaki¹

1. 東京大学

1. The University of Tokyo

The Ediacaran period records one of the most dramatic biological episodes in Earth's history. To track environmental changes occurring in the Ediacaran, multi-geochemical proxies have been reported by a number of studies. Ediacaran sedimentary rocks in South China figure prominently in such studies, because they are fossiliferous and accumulated at various depositional settings from shallow platform to basin facies. Recent extensive geochemical works for the Doushantuo Formation in South China demonstrate that $\delta^{13}\text{C}$ values of inorganic carbon were variable throughout the Ediacaran period. On the other hand, a drastic change in weathering influx from continents is thought to have major influences on the change in seawater composition and on biological activity. Its flux can be estimated from the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios of carbonate rocks. However, the existing $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ values are limited to shallow marine deposits, which leaves ambiguity in a variation of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios in outer ocean.

We conducted drilling at Siduping, Tianping, and Weng' an sections in South China to obtain the Ediacaran complete sedimentary sequences deposited at slope and shoal facies. We newly report stratigraphic profiles of the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios at the three sections. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ chemostratigraphy demonstrated some diachronous natures of $\delta^{13}\text{C}$ within the Doushantuo Formation. The enhanced continental weathering during Gaskiers glaciation likely promoted bacterial sulfate reduction and aerobic respiration of organic matter. These resulted in low $\delta^{13}\text{C}$ values of dissolved inorganic carbon and accumulations of phosphate and dissolved CO_2 species in seawater, and eventually induced the deposition of phosphorites at the shelf margin. High $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios during the largest negative $\delta^{13}\text{C}$ anomaly in the Ediacaran can be also recognized in the continental slope sediment. This fact supports that globally high continental weathering rate led to massive remineralization of organic matter and a consequent significant negative $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ excursion.

キーワード：放射性起源ストロンチウム同位体比、南中国、エディアカラ紀

Keywords: radiogenic Sr isotopic ratio, South China, The Ediacaran

ペルム紀中期末上村イベント再訪：岩井崎石灰岩最上部の炭素同位体層序とOMZ拡大

The Late Guadalupian (Permian) Kamura event revisited: carbon isotope stratigraphy of the topmost Iwaizaki limestone in NE Japan and the expansion of oceanic OMZ

*飛田 知世¹、磯崎 行雄¹、田畑 美幸¹、松井 洋平²、坂井 三郎²、西澤 学²、奥村 知世²、吉田 尚弘³
*Tomoyo Tobita¹, Yukio Isozaki¹, Miyuki Tahata¹, Yohei Matsui², Saburo Sakai², Manabu Nishizawa², Tomoyo Okumura², Naohiro Yoshida³

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. 海洋研究開発機構、3. 東京工業大学
1. Department of General Systems Studies Graduate School of Arts and Sciences The University of Tokyo, 2. JAMSTEC, 3. Tokyo Institute of Technology

ペルム紀中期／後期(G-L)境界直前のCapitanianにおきた海棲動物の主要な絶滅について、当時の低緯度地域で堆積した北米テキサス、南中国の蓬萊灘、また日本の上村・赤坂セクションにおいて詳細な層序が検討されてきた。当時の海水準低下や熱帯動物群の選択的絶滅はグローバル寒冷化を示唆する。低緯度ながらも比較的高緯度の陸棚浅海で堆積した南部北上帯のペルム系岩井崎石灰岩は、生物礁形成およびその後の礁崩壊を記録しており、大型フズリナ*Lepidolina*の産出と極めて低いSr同位体比に基づき、その上部はすべてCapitanianに対比される。同石灰岩の最上部40 mの区間の掘削試料について、無機・有機炭素同位体比の経年変化を分析した結果、温暖浅海に適応した動物群の絶滅期間に、海水が最大で約+5.8 ‰に至る高い $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 値を、また有機物が約-22.5 ‰という高い $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 値を持っていたことが判明した。この結果は、無機炭素同位体比のみで提案された「上村事件」が、当時の陸棚浅海で高い光合成生産と効率的な有機物除去を記録していたことを意味している。とくに $\Delta^{13}\text{C}$ 値が30 ‰に及ぶ大きな値となることから、当時の海洋では、通常の光合成による炭素固定に加えて、還元条件下で活性化するメタン細菌による同位体分別の寄与が推定される。クロアチアのBrusaneセクションとロシア沿海州のSenkina Shapkaセクションの同年代浅海成石灰岩からも、岩井崎石灰岩上部と同様の高い $\Delta^{13}\text{C}$ を検出した。おそらくCapitanianの超海洋およびその周辺では、酸素極小帯(OMZ)が大きく拡大し、その結果ペルム紀中期末における浅海生物の大量絶滅がおきた可能性がある。

キーワード：大量絶滅、ペルム紀、キャピタン世、炭素同位体比
Keywords: mass extinction, Permian, Capitanian, C isotope ratio

Comparative study of mass extinction: end-Ordovician and end-Guadalupian extinction events

*Yukio Isozaki¹

1. Department of Earth Science and Astronomy, Multi-disciplinary Sciences - General Systems Studies, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

Among the so-called Big-5 mass extinctions of the Phanerozoic, those at the end-Permian and end-Ordovician stand out high as the largest and the second largest of magnitude. These two mass extinctions occurred respectively before and after the irreversible big change in the biosphere, i.e. the great land forestization during the Devonian and Carboniferous. Characteristics of these two events are compared for searching possible common causes. The end-Permian extinction was two-folded; i.e. the first at the end of the Guadalupian (Middle Permian) and second at the end of the Permian. Some similarities exist between the end-Ordovician (Hirnantian) event and the end-Guadalupian (Capitanian) event; such as the preferential elimination of sessile biota in tropics, sea-level drop, secular changes in seawater C and Sr isotope ratios. All these observations suggest that the Hirnantian and Capitanian extinctions were triggered probably by global cooling resulted in significant glaciation and sea-level drop, although the cause of the global cooling has not yet been identified. In contrast, their mutual differences in screening pattern of biota etc. suggest that the background conditions were significantly different between the Ordovician and Permian cases. This comparison highlighted similar cause/processes but different background conditions and biotic responses.

Keywords: mass extinction, Ordovician, Permian, global cooling

南中国雲南省南部の洪家沖セクションおよび小濫田セクションの上部エディアカラ下部カンブリア系の岩相層序・SSF層序

Litho- and SSF stratigraphy of the lowermost Cambrian of the Hongjiachong and Xiaolantian sections in East Yunnan, South China

*河野 聖那¹、磯崎 行雄¹、佐藤 友彦²、張 興亮³

*KONO SENA¹, Yukio Isozaki¹, Tomohiko Sato², Xingliang Zhang³

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. 東京工業大学地球生命研究所、3. 中国・西北大学
1. The University of Tokyo School of Arts & Sciences, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 3. Northwest university, China

エディアカラ紀末期からカンブリア紀最初期の短時間のうちに後生動物が急激な多様化を遂げたカンブリア紀の爆発的進化の中で、バージェス動物群や澄江動物群に先駆けて、small shelly fossils (SSF)が多様化した。SSF層序については、極めて浅い場から深い盆地まで多様な堆積環境の複数のセクション(e.g. 梅樹村, 老林, 肖灘など)をもつ南中国雲南省において、最も詳細な研究がなされてきた。本研究では、雲南省澄江の洪家沖(Hongjiachong)および小濫田(Xiaolantian)セクションにおいて、岩相層序およびSSF層序を検討した。両セクションの下部カンブリア系は、下位から順に、朱家青層(Zhujiqing Fm), 石岩頭層(Shiyantou Fm), および玉案山層(Yu' anshan Fm)から構成される(Sato et al., 2014 など)。朱家青層は、さらに待補部層(Daibu Mb), 中誼村部層(Zhongyicun Mb), 大海部層(Dahai Mb)に細分される。最下位の待補部層は主にドロマイトからなり、その上に累重する中誼村部層はSSFを多く含むリン酸塩岩を主体とする。さらに上位にはドロマイトを主体とする大海部層と黒色頁岩からなる石岩頭部層、そしてシルトからなる玉案山層が累重する。洪家沖セクションでは、SSFの第一および第二群集帯が識別されているが、両群集帯間の境界層準は正確に識別できていない。これまでに中誼村部層下部から第一群集が発見されたが、その上位の厚さ約20 mの区間からはSSFの産出は全く知られておらず、中誼村部層中部の中のマーカーとなる唯一の石灰質砂岩層から第二群集の産出が報告されているのみであった。

本研究では洪家沖セクションで採取した追加試料について化石抽出を試みた結果、以下の事柄が明らかになった。1)上述のマーカー砂岩より約1 m下位のリン酸塩岩層から第二群集を見いだした。2)マーカー砂岩から約4 m下位のリン酸塩岩層から極めて特徴的な構造を持つSSFを1個体見いだした。長さ約1.5 mmの長楕円形の化石破片で、おそらく左右対称の殻の中央部と片側にあたる。中央部は円筒状で、その片側に斜交した10枚以上の細長い小板が規則的に配列するひだ状構造をなす。その形態的特徴は、これまで南オーストラリアのカンブリア系下部(南中国の石岩頭・玉案山層相当層)からのみ報告されている *Sinosachites(Thambetolepis) delicata* Jellに類似する。

小濫田セクションについては、これまでにカンブリア紀最初期の岩相およびSSF層序の先行研究がほとんど公表されていない。そこで本研究では、同セクションから採取した上部エディアカラ系から下部カンブリア系に及ぶ全層厚約87mのコア試料の岩相および化石について報告する。

キーワード：カンブリア紀、SSF、小濫田、洪家沖

Keywords: Cambrian, SSF, Xiaolantian, Hongjiachong

ペルム紀中期後期炭酸塩の放射起源Sr同位体とSr安定同位体変動
Stable and radiogenic strontium isotope variation ($\delta^{88}\text{Sr}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) in
Middle-Upper Permian mid-oceanic paleo-atoll carbonates

*可児 智美¹、磯崎 行雄²、三澤 啓司³、米田 成一⁴

*Tomomi Kani¹, Yukio Isozaki², Keiji Misawa³, Shigekazu Yoneda⁴

1. 熊本大学大学院先端科学研究部、2. 東京大学、3. 極地研究所、4. 国立科学博物館

1. Division of Natural Science, Kumamoto University, 2. The University of Tokyo, 3. National Institute of Polar Research, 4. National Museum of Nature and Science

Stable strontium isotope ratios ($\delta^{88}\text{Sr}$) of the Capitanian (late Guadalupian) to Wuchiapingian (early Lopingian) carbonates were measured by TIMS, by correcting isotope fractionation during mass spectrometry with ^{87}Sr - ^{84}Sr double spike. The studied carbonate section at Akasaka (Japan) in the Jurassic accretionary complex was originally deposited on a mid-Panthalassan paleo-seamount, which recorded a unique interval with extremely low $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ values (the Permian minimum for ca. 5 m.y. throughout the entire Capitanian). We also analyzed the Wuchiapingian section at Lianshan in S. China, which was deposited on the shallow shelf. Both in $\delta^{88}\text{Sr}$ and radiogenic $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios, low values remained throughout the Guadalupian, whereas they increased rapidly in the Wuchiapingian. The newly obtained $\delta^{88}\text{Sr}$ profile of Middle-Late Permian seawater positively correlated with that of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio. As seawater $\delta^{88}\text{Sr}$ could sensitively reflect marine carbonate flux at the ocean floor, this correlation suggests that the balance between the Sr carbonate burial flux and Sr carbonate dissolution flux has changed sharply across the Guadalupian-Lopingian boundary. The Capitanian minimum and the following rapid increase in seawater $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ likely reflected a major change in continental flux, probably reflecting the rapid deglaciation together with enhanced erosion/weathering of continental crusts on a global scale.

キーワード : Sr同位体、ペルム紀、炭酸塩

Keywords: Sr isotope, Permian, carbonate

数値計算を用いたペルム紀三疊紀境界での炭素循環変動

Change of the carbon cycle in G-L boundary using numerical value calculation

*田畑 美幸¹、飛田 知世¹、藤崎 渉²、戎崎 俊一³、磯崎 行雄¹

*Miyuki Tahata¹, Tomoyo Tobita¹, Wataru Fujisaki², Toshikazu Ebisuzaki³, Yukio Isozaki¹

1. 東京大学 総合文化研究科, 2. 東京工業大学 地球惑星科学専攻, 3. 理化学研究所

1. Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo, 2. Department of Earth and Planetary Science, Tokyo institute of technology, 3. Riken

顕生代において知られている主要な5つの大量絶滅事件の中で最大規模の絶滅が古生代ペルム紀末に起きた。この事件はペルム紀中期Guadalupian世末(G-L境界)と同後期Lopingian世末(P-T境界)での2回の絶滅の複合したもので、多く海成無脊椎動物が絶滅した(Jin et al., 1994; Stanley and Yang, 1994; Isozaki & Ota, 2001)。先に起きたG-L境界事件(約2億6000万年前)において古生代型動物の多様性が初めて大きく減少しており、絶滅の原因となった海洋環境変化を考察するにはG-L境界直前からの地質記録を探る必要がある。本研究では、絶滅時の生態系変化を解明するため、海洋中の炭素循環注目した検証を行う。

これまでにG-L境界からP-T境界にかけての炭酸塩岩層の無機および有機炭素同位体比の分析が世界中の多くのセクションでなされた結果、海水の同位体プロファイルとしておおよそ以下のパターンが明らかにされた(Isozaki et al., 2007a,b; Korte et al., 2005a,b; Payne et al., 2008)。すなわちG-L境界の直前に上村事件(Kamura event)と名付けられた無機炭素同位体比が+6%を超える顕著な正シフトがおきた後、G-L境界で0%近くまで減少した。その後Lopingianでは再び正の値が継続したが、再びPTB境界で約+3%から-2%近くまで急激に減少し、トリアス紀最初期から中期前半まで、きわめて大幅にかつ頻繁に変動した。一方、有機炭素同位体比の測定例は少ないものの、深海堆積物などではG-L境界前後で-30~-28%という炭酸塩岩に対して極めて低い値が測定された(Nishikane et al., 2014)。さらに最近になって、陸棚浅海のGuadalupian石灰岩(南部北上帯の岩井崎石灰岩)からもG-L境界直前の上村事件の記録が得られ、無機と有機炭素同位体比の間に極端に大きな差が認められた(飛田ほか講演)。

その大きな差が生じた原因について、計算モデルを用いて、炭素循環の変化について考察を行った。海洋中に無機炭素リザーバーと有機炭素リザーバーがあるとし、それぞれ大きさに比例してやりとりが行われると仮定した。その結果、G-L境界直前には生物絶滅が徐々に進行あした間に、海洋中に溶存する有機物量が変化した可能性が示唆される。おそらくGuadalupian世最後のCapitanian期には、グローバルな規模で、超海洋全体の中層に発達した酸素極小帯(OMZ)が大幅に拡大して陸棚に達し、その結果、浅海動物の絶滅を導き、かつ異常な同位体比の記録を残したと推定される。

キーワード : GL境界、炭素循環、生物絶滅

Keywords: GL boundary, Carbon cycle, extinction