

令和元年6月24日現在

機関番号：24402

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K17781

研究課題名(和文) 顕生累代最初の絶滅事変 - カンブリア紀礁生態系の崩壊と地球表層環境の変動 -

研究課題名(英文) The first extinction event in the Phanerozoic: demise of Cambrian reef ecosystems and fluctuations in environmental conditions

研究代表者

足立 奈津子 (ADACHI, NATSUKO)

大阪市立大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：40608759

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：モンゴルゴビ・アルタイ地域と北中国山東省に分布する、カンブリア紀第二世末に生じた絶滅事変前後の礁に着目し、造礁生物と礁の構築様式の変遷を検討した。カンブリア紀を通じて主要な礁の構築者である石灰質微生物類(Epiphyton等)は、微小骨格化石群の出現や生痕化石の多様化とほぼ同時期に生じた。古杯類繁栄期の礁では、古杯類と石灰質微生物類の多様性は高く、ボトリオイドセメントが発達する。一方、古杯類の消滅後の礁(ミャオリン世)では、石灰質微生物類の多様性は減少し、ボトリオイドセメントも観察されない。絶滅事変前後で、造礁生物の種類と多様性、海洋環境(海洋のMg/Ca比等)に変化が生じた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

モンゴルゴビ・アルタイ地域と北中国山東省に分布するカンブリア紀第二世末に生じた絶滅事変前後の礁を対象として研究をおこない、カンブリア紀に大繁栄した石灰質微生物類礁の確立時期と造礁生物古杯類や石灰質微生物類の多様性の変化、古杯類礁の構築における石灰質微生物類とセメント(アラゴナイト起源のセメント等)の役割を明らかにした。これら成果は、絶滅事変前後での礁生態系と海洋古環境の変化を明らかにするだけでなく、後生動物の爆発的多様化と大規模絶滅事変の両方が生じたカンブリア紀の地球生物環境の実態を解き明かすことに繋がる。

研究成果の概要(英文)：This study examined changes in the compositions of reef-building organisms and the mode of reef construction before and after the extinction event at the end of the Cambrian Epoch 2, focussing on Gobi-Altai Province in western Mongolia and Shandong Province in North China. The appearance of calcimicrobes (e.g., Epiphyton), which were the main reef-builders throughout the Cambrian, was largely coincident with the appearance of small shelly fossils and the diversification of trace fossils. During the interval in which archaeocyaths flourished (Epoch 2), the archaeocyaths and calcimicrobes show a high degree of diversity and botryoidal cement was produced in reefs. In contrast, after the demise of archaeocyaths (Miaolingian), calcimicrobes show a loss of diversity and botryoidal cement was not produced in reefs. The types and diversity of reef-building organisms and marine environments (e.g., the Mg/Ca ratio in seawater) are inferred to have changed across the extinction event.

研究分野：地球生物学

キーワード：カンブリア紀 絶滅事変 微生物類礁 古杯類 中国 モンゴル

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

カンブリア紀は、「硬組織を備えた生物の出現」と「急激な生物の多様化 (カンブリア紀爆発)」が生じたことで注目されてきた。カンブリア紀爆発を通じて栄えた「古杯類礁生態系」は、三葉虫の主要なグループとともに、カンブリア紀第二世末 (約 5.1 億年前) に完全に消滅している。古杯類礁の消滅で特徴付けられる、顕生累代最初の大規模絶滅事変は、ペルム紀末や白亜紀末などの五大絶滅事変ほどこれまで注目されていないが、カンブリア紀の海洋生物と環境に大きな影響を与えた事変の一つである。顕生累代最初の絶滅事変は、どのような過程を経て礁生態系を崩壊させたのだろうか。古杯類礁消滅の要因は何か。絶滅事変の前後で、礁生態系と地球表層環境はどのように変化したのか。

2. 研究の目的

本研究では、モンゴルゴビ・アルタイ地域と北中国山東省に分布する最上部エディアカラ系からカンブリア系マヨリン統の生物礁を対象として、カンブリア紀第二世末の絶滅事変前後での造礁生物群集や礁構築様式の変化、地球表層環境の変化を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

モンゴル西部ゴビ・アルタイ地域と北中国山東省には各々、最上部エディアカラ系からカンブリア系第二統 (下位から Zuun-Arts 層, Bayan Gol 層, Salaany Gol 層) とカンブリア系第二統からマヨリン統 (下位から朱砂洞層, 張夏層) の層序が保存良好な状態で認められる。本研究では、これら地域で野外地質調査をおこない、詳細な岩相柱状図の作成と礁の産出層準や造礁生物の産状等を検討した。また、岩石研磨面用・薄片用、年代決定用試料の採取をおこなった。採取したほぼ全ての岩石について、岩石研磨面や大型薄片 (57×50 mm, 76×104 mm) の作成をおこなった。岩石薄片の実体・偏光顕微鏡観察を基に、礁の特徴 (構成要素や組織、礁の形成様式等) の解析や、礁の古生態 (陰棲環境の活用、礁の遷移段階等) や堆積場の復元をおこなった。さらに、モンゴル西部ゴビ・アルタイ地域の先カンブリア時代/カンブリア紀境界を明らかにするために、カンブリア系基底を示準する生痕化石 (*Treptichnus pedum*) や微小骨格化石群の初産出層準の検討もおこなった。

4. 研究成果

本研究の主要な成果は以下の通りである。2) に関しては、「主な発表論文」に掲載したように、国際学術誌にすでに公表している。その他の成果についても、現在公表論文を投稿中や準備中である。

1) モンゴル西部ゴビ・アルタイ地域における最上部エディアカラ系からカンブリア系第二統の礁の特徴と変遷様式

① ゴビ・アルタイ地域の Bayan Gol セクションと Salaany Gol セクションにおいて、Zuun-Arts 層から Bayan Gol 層中部までの層厚約 300 m の岩相柱状図を作成した。Bayan Gol 層中部からはカンブリア系基底を示準する生痕化石 (*Treptichnus pedum*) が産出するが、Bayan Gol 層最下部からは、多数の微小骨格化石群が既に産出する。

② Zuun-Arts 層最下部 (最上部エディアカラ系) では、柱状形態 (*Boxonia*) やドーム状形態を示すストロマトライト礁 (数十メートル規模) が特徴的に発達する。両ストロマトライトは、ペロイド状粒子、ミクライト質クロット、スーパーセメントで充填された窓状構造から主に構成される。柱状からドーム状ストロマトライトへの変化は、海洋の深海化を示していることも明らかとなった。さらに、Zuun-Arts 層上部では、柱状形態を示す小規模ストロマトライトがワイド石灰岩中に発達する。これらストロマトライトは、ミクライトの累重から構成される。Zuun-Arts 層に発達するストロマトライトからは、共通して石灰質微生物類は確認されない。

Bayan Gol 層下部からは、石灰質微生物類 (主に *Epiphyton*, *Renalcis*) から形成された小規模スロンボライトとストロマトライト礁が発達する (図 1)。これら礁では、アラゴナイト起源のボトリオイドセメントも確認される。当該地域でのこれら石灰質微生物類の出現は、スロンボライト礁および微小骨格化石群の出現、生痕化石の多様化とほぼ同時期であることは注目される。

Salaany Gol 層 (カンブリア系第二統) からは、海綿動物である古杯類の成長形態に基づいて、主に 3 タイプの古杯類礁 (樹状、層状、樹状-層状-杯状古杯類) が識別される (図 2)。これら古杯類礁では、石灰質微生物類 (*Epiphyton*,

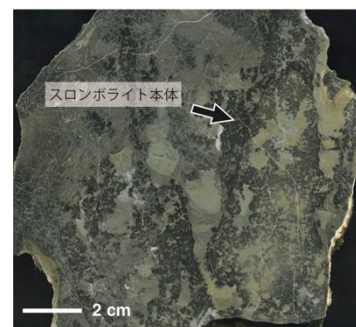


図 1 スロンボライト礁の岩石研磨面

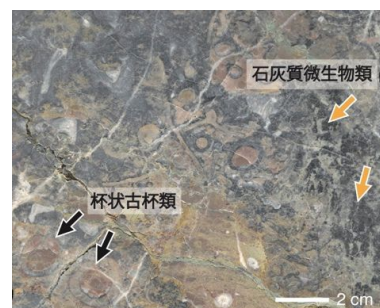


図 2 古杯類礁の岩石研磨面

Renalcis, Tarthinia, Razumovskia, Girvanella, Subtifloria) やセメント (等層厚, ポトリオイド等) が豊富である。古杯類礁内部には、隠棲環境が卓越し、古杯類や石灰質微生物類による隠棲環境の活用が確認される。また、樹状古杯類礁では、石灰質微生物類による礁の枠組み間への二次的な被覆・充填作用が重要であるが、層状古杯類礁と樹状-層状-杯状古杯類礁では、石灰質微生物類による礁の枠組み間への二次的な被覆・充填作用に加えて、セメントの充填作用が枠組み構造の補強と維持に重要である。古杯類礁に豊富に含まれるセメントの一部は初生アラゴナイト起源であり (図 3)、当時汎世界的にアラゴナイトの沈殿が促進された「アラゴナイト海」が広がっていたことも明らかとなった。

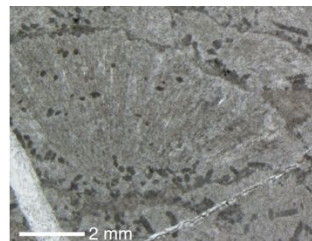


図3 ポトリオイドセメント

2) 北中国山東省におけるカンブリア系第二統からミャオリン統の礁の特徴と変遷様式

① 朱砂洞層の礁 (カンブリア系第二統) は、北中国における顕生累代最古の礁に相当する。朱砂洞層を含め北中国から古杯類の産出は報告されていない。中国山東省金河セクションと孫麻峪セクションにて野外調査をおこない、朱砂洞層の岩相柱状図を作成した。朱砂洞層からは、多様な石灰質微生物類 (*Epiphyton, Renalcis, Tarthinia, Razumovskia, Girvanella, Bija, Amgaina, Kordephyton*) によって形成されたスロンボライトとストロマトライト礁が産出する。

② 張夏層 (カンブリア系ミャオリン統) からは、石灰質微生物類 (*Epiphyton, Renalcis, Girvanella*) によって形成されたスロンボライトやストロマトライト礁が発達する。朱砂洞層と張夏層では、スロンボライトやストロマトライト礁が発達することで共通するが、石灰質微生物類の構成や多様性が大きく異なる。カンブリア紀第二世末での古杯類礁生態系の崩壊前後で、石灰質微生物類の群集構成にも変化が生じていたことが推定される。

張夏層のスロンボライトやストロマトライトの一部からは、石海綿やサンゴ様生物も産出する。石海綿自身は礁の三次元的な枠組み構築者ではないが、それらは、石灰質微生物類の付着のための底質を提供する (図 4)。一方、サンゴ様生物は、スロンボライト内の隠棲環境に特徴的に産出する。Salaany Gol 層と張夏層では、枠組み提供者は各々異なるが (前者は主に古杯類、後者は微生物類)、カンブリア紀には、隠棲環境に適応した生物相による空間の活用が既に生じていた。

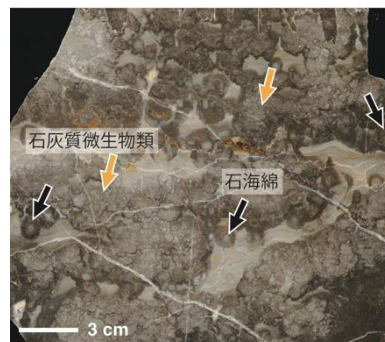


図4 石海綿-微生物類礁の岩石研磨面

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

- 1) Adachi, N., Asada, Y., Ezaki, Y., Liu, J. (2017) Stromatolites near the Permian–Triassic boundary in Chongyang, Hubei Province, South China: a geobiological window into palaeo-oceanic fluctuations following the end-Permian extinction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 475, 55–69. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.01.030> (査読あり)
- 2) Ezaki, Y., Liu, J., Adachi, N., Yan, Z. (2017) Microbialite development during the protracted inhibition of skeletal-dominated reefs in the Zhangxia Formation (Cambrian Series 3) in Shandong Province, North China. *Palaios*, 32, 559–571. <https://doi.org/10.2110/palo.2016.097> (査読あり)
- 3) Yan, Z., Liu, J., Ezaki, Y., Adachi, N., Du, S. (2017) Stacking patterns and growth models of multiscopic structures within Cambrian Series 3 thrombolites at the Jiulongshan section, Shandong Province, Northern China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 474, 45–57. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.07.009> (査読あり)

〔学会発表〕(計 12 件)

- 1) 南 直斗, 江崎洋一, 足立奈津子, 刘 建波, 渡部真人, Gundsambuu ALTANSHAGAI, Batkhuyag ENKHBAATAR, Dorj DORJNAMJAA (2018) モンゴル西部ザブハン盆地における下部カンブリア系ストロマトライトで見られる遷移様式と形成様式. 日本地質学会第 125 年学術大会 (つくば特別大会).
- 2) 足立奈津子, 杉本雄祐, 江崎洋一, 刘 建波, 渡部真人, Gundsambuu ALTANSHAGAI, Batkhuyag ENKHBAATAR, Dorj DORJNAMJAA (2018) モンゴル西部ゴビ・アルタイ地域に分布する最下部カンブリア系石灰質微生物類礁の初期変遷と地球生物環境. 日本古生物学会 2018 年例会.

- 3) 江崎洋一, 刘 建波, 足立奈津子 (2018) 北中国山東省の張夏層 (カンブリア系第三統) から産するサンゴ様生物の生息環境と系統的な位置. 日本古生物学会 2018 年例会.
- 4) 足立奈津子, 江崎洋一, 刘 建波, 園田ひとみ, 渡部真人, Gundsambuu ALTANSHAGAI, Batkhuyag ENKHBAATAR, Dorj DORJNAMJAA (2017) モンゴル西部ザブハン盆地に分布する Tsagaan Oloom 層で特徴的なストロマトライトの形成様式と海洋環境. 日本地質学会第 124 年学術大会.
- 5) 江崎洋一, 杉本雄祐, 足立奈津子, 刘 建波, 渡部真人, Gundsambuu ALTANSHAGAI, Batkhuyag ENKHBAATAR, Dorj DORJNAMJAA (2017) 最下部カンブリア系の石灰質微生物類礁に見られる特徴的な下地形成-礁生態系進化の一側面-. 日本地質学会第 124 年学術大会.
- 6) 足立奈津子, 江崎洋一, 刘 建波, 園田ひとみ, 渡部真人, Gundsambuu ALTANSHAGAI, Batkhuyag ENKHBAATAR, Dorj DORJNAMJAA (2017) モンゴル西部ザブハン盆地に分布するエディアカラ紀/カンブリア紀境界付近に特異なストロマトライト. 日本古生物学会 2017 年年会.
- 7) 江崎洋一, 刘 建波, 足立奈津子, 闫 振 (2017) 北中国山東省のカンブリア系第三統微生物類礁に認められる時代特異性. 日本古生物学会 2017 年年会.
- 8) 足立奈津子, 辻村滉佑, 江崎洋一, 渡部真人, Gundsambuu ALTANSHAGAI, Batkhuyag ENKHBAATAR, Dorj DORJNAMJAA (2016) モンゴル西部 Zuune Arts 地域に分布するカンブリア系第二統の生物礁-古杯類大繁栄期の礁の特性-. 日本地質学会第 123 年学術大会.
- 9) 江崎洋一, 足立奈津子, 刘 建波, 園田ひとみ, 渡部真人, 杉本雄祐, Gundsambuu ALTANSHAGAI, Batkhuyag ENKHBAATAR, Dorj DORJNAMJAA (2016) モンゴル西部ゴビ・アルタイ県における下部カンブリア系微生物岩の構成と組織の特性. 日本地質学会第 123 年学術大会.
- 10) 杉本雄祐, 江崎洋一, 足立奈津子, 刘 建波, 渡部真人, 園田ひとみ, Gundsambuu ALTANSHAGAI, Batkhuyag ENKHBAATAR, Dorj DORJNAMJAA (2016) モンゴル西部ザブハン盆地における下部カンブリア系微生物岩の多様性. 日本地質学会第 123 年学術大会.
- 11) 足立奈津子, 浅田雄哉, 江崎洋一, 刘 建波 (2016) 南中国湖北省崇陽地域の最下部トリアス系に特異なストロマトライト-形成様式と地球生物学的意味-. 日本古生物学会第 165 回例会.
- 12) 江崎洋一, 足立奈津子, 刘 建波, 闫 振 (2015) 北中国地塊のカンブリア系第三統張夏層に特徴的な“サンゴ”-イシ海綿-微生物類礁の特異な産状. 日本地質学会第 122 年学術大会.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.sci.osaka-cu.ac.jp/~adachi/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 刘 建波

ローマ字氏名: Jianbo Liu

研究協力者氏名: 闫 振

ローマ字氏名: Zhen Yan

研究協力者氏名: Dorj DORJNAMJAA

ローマ字氏名: Dorj DORJNAMJAA

研究協力者氏名: Gundsambuu ALTANSHAGAI

ローマ字氏名: Gundsambuu ALTANSHAGAI

研究協力者氏名: Batkhuyag ENKHBAATAR

ローマ字氏名：Batkhuuyag ENKHBAATAR

研究協力者氏名：渡部 真人

ローマ字氏名：Mahito WATABE

研究協力者氏名：江崎 洋一

ローマ字氏名：Yoichi EZAKI

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。