

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：16102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24740350

研究課題名(和文)カンブリア紀礁生態系から探る温室期の海洋生態系と地球表層環境の変遷

研究課題名(英文)Changes in marine ecosystems and earth surface environments revealed by reef systems during the Cambrian greenhouse period

研究代表者

足立 奈津子 (ADACHI, NATSUOKO)

鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・准教授

研究者番号：40608759

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：南中国と北中国に分布するカンブリア系礁の「構築様式」や「変遷様式」を検討した。南中国では、カンブリア紀第二世最後期の間、「古杯類を産する礁」から「微生物類のみの礁」への大きな転換が生じた。その転換は、カンブリア紀第二世末に生じた海退事変や後生動物の多様性の低下、礁自体の減少と関係している。一方、北中国では、「イシ海綿-微生物類礁」が、カンブリア系第三統から産出する。本礁は、オルドビス紀前期に世界的に大繁栄した「イシ海綿-微生物類礁」の先駆的存在である。イシ海綿を産する礁は、従来考えられていたよりもより早期(カンブリア紀第三世-芙蓉世)に、既に繁栄を遂げていたことが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：This study examines the modes of construction and succession of Cambrian reefs in South and North China. The transition in composition and structure from archaeocyath-bearing to purely microbial reefs occurred in the Cambrian late Epoch 2 in South China. This change was caused by a decline in the diversity of metazoans, and was accompanied by a reduction in the abundance of reefs, possibly related to the late Epoch 2 regression. Cambrian Series 3 lithistid sponge-microbial reefs are found in North China and are precursors of the sponge-microbial reefs that dominated worldwide in the Early Ordovician. The findings suggest that lithistid sponge-bearing reefs were more extensive during the period from Cambrian Epoch 3 to the Furongian than previously thought.

研究分野：数物系科学

キーワード：カンブリア紀 古生代 礁生態系 微生物類 海洋古環境 温室期 炭酸塩岩

1. 研究開始当初の背景

古生代前期には 顕生累代で最も顕著な生物放散 (カンブリア紀爆発, オルドビス紀大放散) が生じた。「カンブリア紀爆発」の原因は, 先行して研究が進められてきた。一方, 顕生累代で最大規模の生物多様化をもたらした「オルドビス紀大放散」は, 近年の国際プロジェクトによって研究が進展した。そこでは, 各化石分類群の定量的な変遷が明らかにされ, その原因 (火成活動, 造山運動, 気候変動, 海水準変動, 栄養塩変化等) が議論された。しかし, この2つの生物放散事変に挟まれたカンブリア紀の「生物相の進化」や「環境変動」の実態には, 未だ不明な点が多い。

研究代表者は, これまでに, オルドビス紀大放散最初期の「礁の時空間分布」に注目し, オルドビス紀前期に, 南中国で初めに「微生物優先礁 (ストロマトライト, 石灰質微生物類礁等)」から「骨格生物優先礁 (コケムシ, 層孔虫礁等)」への「礁生態系の転換」が生じたことを明らかにしてきた。しかし, 先カンブリア時代/カンブリア紀境界付近での骨格生物の出現に関わらず, 「骨格生物優先礁」の成立が, なぜオルドビス紀前期まで遅延したのかという問題を強く意識するようになった。

2. 研究の目的

「骨格生物の出現 (カンブリア紀最前期)」から「オルドビス紀大放散 (オルドビス紀前期)」まで, 「骨格生物優先礁」の発展はなぜ抑制されたのだろうか? その背後に隠された, 「地球生物環境の要因」を, 南中国や北中国の各地域に分布する「カンブリア紀生物礁の変遷様式」から読み解くことを目的とする。さらに, カンブリア紀 (温室期) での, 「海洋生態系の発展」を「地球表層環境」の相互変遷の観点から明らかにすることを旨とする。

3. 研究の方法

- (1) 南中国 (湖北省三峡地域と湖南省花垣地域) および, 北中国 (山東省長清地域と萊蕪地域) を主な研究対象とする。野外では, 岩相層序や礁の産出層準, 造礁生物の産状を各々明らかにする。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う。
- (2) 室内では, 岩石研磨面や大型岩石薄片を大量に作成する。作成試料の光学・偏光顕微鏡観察を基に, 「礁のタイプ」や「礁の古生態」, 「堆積場」の復元をおこなう。
- (3) 南中国と北中国の各地塊で, 「礁生態系の変遷様式」や「堆積環境の変遷」を考察する。また, 北米やオーストラリア, シベリアなどの礁の産状もレビューし, 各地塊間で「礁生態系の変遷」に相異があるのかを検討する。
- (4) 「生物相の進化 (礁の特性変化, 生物相の絶滅・回復・発達)」と「環境変動 (海水

準変化, 温室期の気候等)」との相互関連性について検討をおこなう。

4. 研究成果

(1) 南中国のカンブリア系生物礁

湖北省三峡地域に分布するカンブリア系第二統天河板層 (lower Toyonian): 海綿動物「古杯類」と共に *Epiphyton*, *Renalcis*, *Girvanella* などの石灰質微生物類によって形成された小規模礁が発達する。古杯類は, 多様性に乏しく, それらのみでは強固な枠組みを構築することはできない。石灰質微生物類による活発な被覆・連結作用と結びつくことで初めて, 強固な枠組みを備えた礁 (古杯類-石灰質微生物類礁) が構築された。

湖南省花垣地域に分布するカンブリア系第二統清虚洞層 (upper Toyonian): 石灰質微生物類 (*Epiphyton*, *Kordephyton*, *Girvanella*, *Renalcis*, *Hedstroemia* など) のみから構成された大規模礁が発達する。それら多様な石灰質微生物類が, 上方・側方へと次々と成長したり, 複数の石灰質微生物類が互いに被覆・累積したりすることによって礁 (微生物類礁) が構築された。

南中国では, 古杯類を産する礁は, カンブリア紀第二世 Atdabanian に初めて出現し, 第二世 early Toyonian の終わりまでに消滅した。その後のカンブリア紀第三世~芙蓉世には, 小規模なストロマトライト礁が認められるだけである。従って, 天河板層の礁 (lower Toyonian) は, 南中国における「古杯類礁」の産出の最後であり, 清虚洞層の礁 (upper Toyonian) は, 古杯類礁消滅後の産物に相当する。南中国では, カンブリア紀第二世最後期 Toyonian の間に「古杯類礁」から「微生物類のみの礁」へと礁生態系の大きな転換が生じた。その転換は, カンブリア紀第二世末に生じた海退事変や後生動物の多様性の低下, 礁自体の減少と同時であったことが明らかになった。

(2) 北中国のカンブリア系生物礁

北中国山東省には, 古杯類消滅後の礁の発達が極めて保存よく残されている。特に, カンブリア系第二統「張夏層」には, 微生物類の主要な働きによって形成された, スロンボライト礁, ストロマトライト礁, イシ海綿-微生物類礁などの「微生物類優先礁」が識別され, カンブリア系礁の「構築様式」や「変遷様式」を明らかにするための重要な情報を提供している。

スロンボライト礁: 石灰質微生物類 *Epiphyton* が主要なタイプとミクライト質の樹状組織が主要なタイプが識別される。前者は, 山東省地域で最も一般的に産出するが, 萊蕪地域では, それらは, 数メートル規模の巨大ドーム状構造を構築する。ドーム状構造は, 潮下帯深部の低エネルギー環境下で特異的に形成された。加えて, ドーム状構造は, 石灰質微生物類が, 光に規制されながらも,

各微環境に応じて占有面積を最大限拡大するように成長した結果である。また、個々の巨大ドーム状構造中に認められる成長と一次的成長中断は、海水準の上昇・降下に呼応することも明らかになった。

イシ海綿-微生物類礁: *Epiphyton* などとともに、イシ海綿を産する小規模礁が産出する。柱状の成長形態を示すイシ海綿の表面で、石灰質微生物類が側方・下位方向へと次々と成長することで礁は形成された。但し、海綿自体は、微生物類による分解作用や続成作用の結果十分保存されていない。

カンブリア紀第二世末での古杯類の消滅以降、微生物類のみの礁(ストロマトライト礁やスロンボライト礁)がオルドビス紀前期まで持続的に発達したと考えられてきた。「イシ海綿-微生物類礁」は、オルドビス紀前期に世界的に大繁栄した。今回明らかになった北中国の事例は、オルドビス紀前期に大繁栄したイシ海綿-微生物類礁の先駆的な存在であるだけでなく、海綿が関与した礁が、従来考えられていたよりもより早く出現し、カンブリア紀第三世~芙蓉世の間に生息域を拡大させたことを示唆する。「骨格生物優先礁」の確立は、オルドビス紀前期まで抑制されていた。しかし、造礁後動物の繁栄に不可欠な海洋環境は、徐々に整備されていたことが推定される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計4件)

- (1) Adachi, N., Kotani, A., Ezaki, Y., and Liu, J., Cambrian Series 3 lithistid sponge-microbial reefs in Shandong Province, North China: reef development after the disappearance of archaeocyaths. *Lethaia*, 査読あり, 2015, Online. DOI: 10.1111/let.12118
- (2) Adachi, N., Ezaki, Y., and Liu, J., The late early Cambrian microbial reefs immediately after the demise of archaeocyathan reefs, Hunan Province, South China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 査読あり, 2014, v. 407, p. 45-55. DOI:10.1016/j.palaeo.2014.04.013
- (3) Adachi, N., Nakai, T., Ezaki, Y., and Liu, J., Late Early Cambrian archaeocyath reefs in Hubei Province, South China: modes of construction during their period of demise. *Facies*, 査読あり, 2014, v. 60, p. 703-717. DOI: 10.1007/s10347-013-0376-y
- (4) Adachi, N., Liu, J., and Ezaki, Y., Early Ordovician reefs in South China (Chenjiache section, Hubei Province): deciphering the early evolution of skeletal-dominated reefs. *Facies*, 査読あり, 2013, v. 59, p. 451-466. DOI: 10.1007/s10347-012-0308-2

〔学会発表〕(計17件)

- (1) 足立奈津子, 江崎洋一, 劉建波, 北中国山東省でのカンブリア紀生物礁の特徴と変遷様式. 日本地質学会第121年学術大会, 2014年9月15日, 鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市).
- (2) 江崎洋一, 足立奈津子, 劉建波, 北中国地塊と南中国地塊上のカンブリア系から下部オルドビス系の礁形成に果たした海綿の重要性-隠れた立役者の存在-. 日本地質学会第121年学術大会, 2014年9月15日, 鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市).
- (3) 足立奈津子, 江崎洋一, 劉建波, 北中国山東省カンブリア系第三統に認められるドーム状スロンボライトの形成様式. 日本古生物学会2014年年会, 2014年6月29日, 九州大学(福岡県・福岡市).
- (4) 江崎洋一, 足立奈津子, 劉建波, 北中国山東省の張夏層(カンブリア系第三統)から産する“サンゴ類”の特異な産状と生活様式. 日本古生物学会2014年年会, 2014年6月29日, 九州大学(福岡県・福岡市).
- (5) 足立奈津子, 小谷綾香, 江崎洋一, 劉建波, 北中国山東省カンブリア系第三統から産出する海綿-微生物類礁の構築様式と発達の意義. 日本古生物学会第164回例会, 2014年1月25日, 兵庫県立人と自然の博物館(兵庫県・三田市).
- (6) 平田泰之, 南翔平, 足立奈津子, 江崎洋一, 和歌山県由良町地域に認められる厚歯二枚貝を産する特異な礁の特徴と形成様式. 日本古生物学会第164回例会, 2014年1月25日, 兵庫県立人と自然の博物館(兵庫県・三田市).
- (7) 足立奈津子, 小谷綾香, 江崎洋一, 劉建波, 北中国山東省カンブリア系第三統張夏層中の微生物類礁の基本特性と背後の地球生物環境. 日本地質学会第120年学術大会, 2013年9月14日, 東北大学(宮城県・仙台市).
- (8) 石井一史, 江崎洋一, 足立奈津子, 劉建波, 揚子地塊の最下部トリアス系に特徴的な微生物岩の組織と構造-ペルム紀末の生物大量絶滅後の地球微生物環境-. 日本地質学会第120年学術大会, 2013年9月14日, 東北大学(宮城県・仙台市).
- (9) 江崎洋一, 足立奈津子, 劉建波, 北中国山東省の張夏層(カンブリア系第三統)に分布する“サンゴ-海綿-微生物礁”の特徴と地球生物学的な意義. 日本地質学会第120年学術大会, 2013年9月14日, 東北大学(宮城県・仙台市).
- (10) 足立奈津子, 小谷綾香, 江崎洋一, 劉建波, 北中国山東省中部カンブリア系海綿-石灰質微生物礁の構築様式とその発達の意義. 日本古生物学会2013年年会, 2013年6月30日, 熊本大学(熊本県・熊本市).
- (11) 足立奈津子, 江崎洋一, 劉建波, 南中国のカンブリア紀前期最末期生物礁-古杯類礁消滅から微生物礁への変遷-. 日本地質

- 学会第119年学術大会, 2012年 9月17日, 大阪府立大学 (大阪府・堺市).
- (12) 小谷綾香, 江崎洋一, 足立奈津子, 劉 建波, 北中国山東省の中部カンブリア系微生物炭酸塩岩 (スロンボライト) の諸特性. 日本地質学会第119年学術大会, 2012年 9月17日, 大阪府立大学 (大阪府・堺市).
- (13) 浅田雄哉, 江崎洋一, 足立奈津子, 劉 建波, 中国湖北省崇陽地域におけるペルム紀末生物大量絶滅直後の微生物岩の組織変化と海洋環境の変動. 日本地質学会第119年学術大会, 2012年 9月17日, 大阪府立大学 (大阪府・堺市).
- (14) 江崎洋一, 劉 建波, 足立奈津子, 揚子地塊における礁構築様式のレジーム転換前の条件-カンブリア紀中・後期の地球生物環境-. 日本地質学会第119年学術大会, 2012年 9月17日, 大阪府立大学 (大阪府・堺市).
- (15) Adachi, N., Ezaki, Y., and Liu, J., Early Cambrian reefs in South China prior to the demise of archaeocyaths. 34th International Geological congress, 2012年 8月9日, Brisbane (Australia).
- (16) Ezaki, Y., Liu, J., and Adachi, N., Early Ordovician reefs as microcosms of the Earth's ecosystem: the record from South China. 34th International Geological congress, 2012年 8月9日, Brisbane (Australia).
- (17) 足立奈津子, 中井貴士, 江崎洋一, 劉 建波, 南中国のカンブリア紀前期最後期生物礁-古杯類衰退期の礁の構築様式-. 日本古生物学会2012年年会, 2012年 7月1日, 名古屋大学 (愛知県・名古屋市).

[その他]

ホームページ等

<http://www.geo-biology.info/index.html>

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

足立 奈津子 (ADACHI NATSUKO)
鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・
准教授
研究者番号 : 40608759

(2) 研究分担者

なし