

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 25 日現在

機関番号：24402
研究種目：基盤研究(B)
研究期間：2012～2014
課題番号：24340130
研究課題名(和文) オルドビス紀前期に揚子地塊で生じた地球生物相の大変革 陸と海の相互作用系の創出

研究課題名(英文) Great revolution of Early Ordovician geobiota in the Yangtze Block, China: the establishment of land - sea linkages

研究代表者
江崎 洋一 (EZAKI, Yoichi)

大阪市立大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：60221115
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：オルドビス紀前期に生じた地球生物相の変革様式の実像を調べるために、揚子地塊の下部カンブリア系礁、北中国地塊の中部・上部カンブリア系礁の形成様式と変遷様式を検討した。揚子地塊では、古杯類 石灰微生物礁の消滅に引き続き、石灰微生物礁が繁栄している。北中国地塊では、海綿-微生物礁が先駆的に形成されているが、オルドビス紀前期に、陸と海の相互作用が活発になり、陸上由来の栄養塩の増加により、それら礁の発展もたらされている。また、海綿類の保存能は低いですが、その後の生物の繁栄に必要な底質を提供している。さらに、造礁動物の「形態多様性の増大」で示される「礁構築様式の確立」も地球生物相の変革に寄与している。

研究成果の概要(英文)：To understand the Early Ordovician great revolution in geobiota in the Yangtze Block, this project examined the genesis of and secular changes in lower Cambrian reefs in the block, and in middle to upper Cambrian reefs in the North China Block. In the former, purely calcimicrobial reefs formed after the demise of archaeocyathan reefs, related to a late early Cambrian regression. In contrast, the latter saw the development of sponge - microbial reefs earlier than elsewhere. The sponge - microbial reefs were precursors of those that dominated worldwide in the Early Ordovician, when terrestrial-derived nutrients showed a marked increase through land - sea linkages. The low preservation potential of sponges provided a substrate for the development of reef-builders. In addition, the growth forms and morphological variability of reef constructors increased markedly. The establishment of such reef-building patterns also would have made a large contribution to the Early Ordovician revolution.

研究分野：層位・古生物学

キーワード：環境変動 揚子地塊 オルドビス紀 カンブリア紀 微生物岩 礁 ストロマトライト

1. 研究開始当初の背景

(1) 中国揚子地塊は、「微生物礁から骨格生物礁への構築様式(レジーム)の転換」や「オルドビス紀生物大放散」(史上最大規模)が世界に先駆けて開始した特異な地域である。

(2) それら地球生物相の大変革が生じた要因を、とりわけ「地球と生物相の相互変遷史」や「陸域と海域との相互作用系の創出」という観点から読み解く必要がある。

(3) 前期カンブリア紀に古杯類礁が消滅後、オルドビス紀前期まで、骨格生物礁は未発達と考えられてきた(Cambro-Ordovician microbialite resurgence: Rowland and Shapiro, 2002)。そのような考えとも関連し、「礁構築様式の転換前の前駆段階の実像」ならびに「骨格生物の礁構築様式の背景」を知ることが不可欠である。

2. 研究の目的

(1) 地球生物相の大変革の実態を知るために、生物の生産性・多様性・関係性がきわめて高い場である「礁」に注目する。

(2) 地球生物相の大変革が生じる前段階(とくにカンブリア紀)の、「礁生態系の実像」や「基本的な礁の枠組み構造の実態」を解明する。

(3) 骨格生物と微生物類の相互作用や、陸域と海域との相互作用が、地球生物相の大変革に果たした役割を明確にする。

3. 研究の方法

(1) 揚子地塊の下部カンブリア系(天河板層と清虚洞層)での礁構造や礁生態系の経時的な変遷を調べる。

(2) あわせて、北中国地塊に属する山東省の中部・上部カンブリア系(張夏層と炒米店層)での「礁や礁生態系の特性」ならびにそれらの経時的な変遷を調べる。

さらに、モンゴルザブハン地塊に分布する下部カンブリア系(とくに Bayan Gol 層と Salaany Gol 層)の微生物礁と古杯類微生物礁の予察的な検討を行う。

(3) 各地塊での礁の変遷様式を比較・検討し、地域性ならびに変遷要因に関する情報を獲得する。

(4) 礁の代表的な「枠組み構築者」であるサンゴ類の構築様式を解明するために、コンピューターシミュレーションを通じて、形態の多様化が生じる要因を検討する。

4. 研究成果

(1) 中国湖北省に分布する下部カンブリア系(天河板層)の「古杯類石灰微生物礁」

では、とくに石灰微生物類(*Renalcis*, *Girvanella*, *Botomaella*, *Kordephyton*)が、被覆・結束作用を通じて礁の枠組みを構築した(図1)。

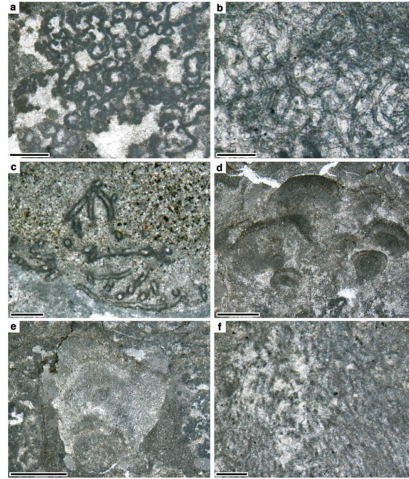


図1 湖北省天河板層の古杯類石灰微生物礁中の石灰微生物類。a. *Renalcis*, b, c. *Girvanella*, d, e. *Botomaella*, f. *Kordephyton* (Adachi et al., 2014)

古杯類礁が消滅後に形成された、石灰微生物礁(湖南省清虚洞層)は、微生物礁発達の先駆けであり、石灰微生物礁の形成様式を、石灰微生物類の構成(*Kordephyton*, *Epiphyton*, *Girvanella*)と組合せに基づき明らかにした(図2)。

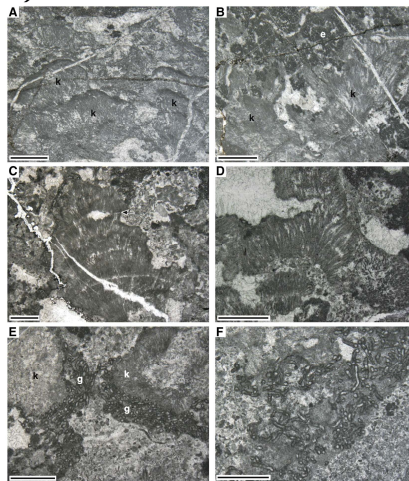


図2 湖南省清虚洞層の石灰微生物礁中の石灰微生物類。Kordephyton (k), Epiphyton (e), Girvanella (g) (Adachi et al., 2014)

(2) 北中国地塊に属する山東省済南・萊蕪地域の中部・上部カンブリア系(張夏層と炒米店層)の微生物岩の形成様式を調べた。張夏層では、先駆的に「海綿石灰生物(*Epiphyton*)礁」が形成される(図3)。その他、*Epiphyton*が関与する「ドーム状微生物礁」の他に、「スロンボライト礁」が形成されている。一方、張夏層の微生物岩は、「柱状ストロマトライト礁」で特徴づけられる(図4)。後者の微生物岩では、二次的な充填作用やドロマイト化作用が顕著であるが、

海綿類の関与の有無や程度に関しては、今後の課題である。

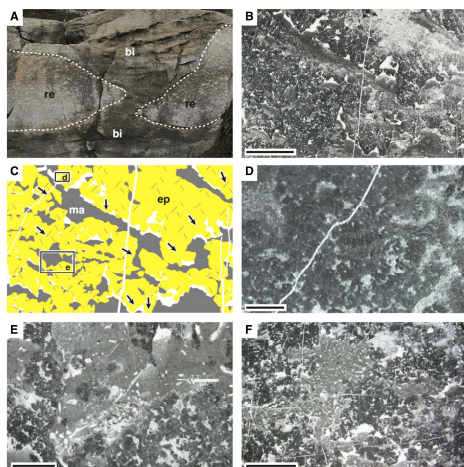


図3 張夏層に特徴的な海綿 石灰微生物礁。Epiphytonが顕著である (Adachi et al., 2015)

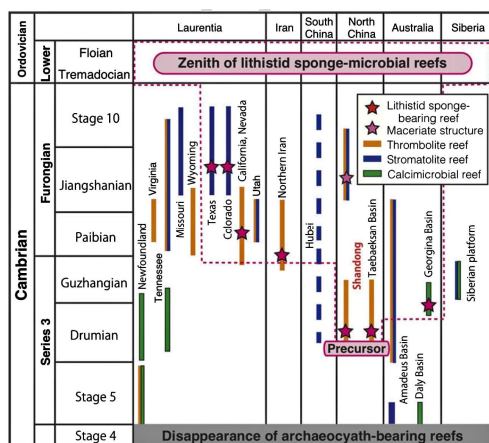


図4 古杯類礁消滅後の礁の時間的・空間的な分布 (Adachi et al., 2015)

(3) モンゴルザブハン地塊に分布する下部カンブリア系(Bayan Gol層とSalaany Gol層)の「微生物礁」と「古杯類 微生物礁」の予察的な検討を行った。

(4) 北中国地塊では、海綿-微生物礁が先駆的に形成されているが、オルドビス紀前期に、陸と海の相互作用が活発になり、陸上由来の栄養塩の増加により、それら礁の発展が広域的にもたらされた。また、海綿類の保存能は低い、その分解産物は、後の生物の繁栄に必要な底質を提供した。

(5) コンピューターシミュレーションやX線CT解析を通じて、枠組み構築者である群体サンゴ類の「形態多様化が生じる要因」を検討した。多様化には、外的な生息環境に応じた、無性個体の出芽傾斜、回転角、出芽間隔などの変化が深く関与していることが示唆される。このような「礁構築様式の確立や転換」もオルドビス紀前期における地球生物相の変革に大きく寄与したと考えられる。

5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計14件)

Ohno Rie, Sentoku Asuka, Masumoto Shinji, and Ezaki Yoichi (in press) Morphological variability in azooxanthellate scleractinian dendrophylliids governed by regular modes of asexual reproduction: A computer simulation approach, *Paleontological Research*, 査読有, vol. 19.
DOI: 10.2517/2015PR002

Adachi Natsuko, Kotani Ayaka, Ezaki Yoichi, and Liu Jianbo (2015) Cambrian Series 3 lithistid sponge-microbial reefs in Shandong Province, North China: Reef development after the disappearance of archaeocyaths, *Lethaia*, 査読有, vol. 231, p. 331-346.
DOI: 10.1111/let.12118

Sentoku Asuka, Morisaki Hitomi, Masumoto Shinji, Ohno, Rie, Tomiyama Takamasa, and Ezaki Yoichi (2015) Internal skeletal analysis of the colonial azooxanthellate scleractinian *Dendrophyllia cribrosa* using microfocus X-ray CT images: underlying basis for its rigid and highly adaptive colony structure, *Journal of Structural Biology* (Elsevier), 査読有, vol. 189, p. 37-43.
DOI: 10.1016/j.jsb.2014.11.002

Adachi Natsuko, Nakai Takashi, Ezaki Yoichi, and Liu Jianbo (2014) Late Early Cambrian archaeocyath reefs in Hubei Province, South China: modes of construction during their period of demise, *Facies* (Springer), 査読有, vol. 60, p. 703-717.
DOI: 10.1007/s10347-013-0376-y

Adachi Natsuko, Ezaki Yoichi, and Liu Jianbo (2014) The late early Cambrian microbial reefs immediately after the demise of archaeocyathan reefs, Hunan Province, South China, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (Elsevier), 査読有, vol. 407, p. 45-55.
DOI: 10.1016/j.palaeo.2014.04.013

Ezaki Yoichi and Kato Makoto (2014) Phylogenetic and palaeobiological implications of a new Carboniferous rugose coral with unusual trait combinations from the Akiyoshi Terrane of Japan, *Journal of Systematic Palaeontology*, 査読有, vol. 12, p. 481-492.
DOI: 10.1080/14772019.2013.812153

Adachi Natsuko, Liu Jianbo, and Ezaki Yoichi (2013) Early Ordovician reefs in South China at the Chenjiahe section, Hubei Province:

- Deciphering the early evolution of skeletal-dominated reefs, *Facies*, 査読有, vol. 59, p. 451-466.
DOI: 10.1007/s10347-012-0308-2
- Sentoku Asuka and Ezaki Yoichi, (2013), Intrinsic constraints on sympodial growth morphologies of azooxanthellate scleractinian coral *Dendrophyllia*, *Plos One*, 査読有, vol. 8, e63790.
DOI: 10.1371/journal.pone.0063790
- Adachi Natsuko, Ezaki Yoichi, and Liu Jianbo (2012) The oldest bryozoan reefs: a unique Early Ordovician skeletal framework construction, *Lethaia*, 査読有, vol. 45, p. 14-23.
DOI: 10.1111/j.1502-3931.2011.00268.x
- Adachi Natsuko, Liu Jianbo, and Ezaki Yoichi (2012) Early Ordovician stromatoporoid *Pulchrilamina spinosa* from South China: geobiological significance and implications for the early development of skeletal-dominated reefs, *Paleontological Research*, 査読有, vol. 16, p. 58-68.
DOI: 10.2517/1342-8144-16.1.059
- Sentoku Asuka and Ezaki Yoichi (2012a) Regularity in budding mode and resultant growth morphology of the azooxanthellate colonial scleractinian *Cyathelia axillaris*: effective and adaptive ways of utilizing habitat resources, *Paleontological Research*, 査読有, vol. 16, p. 252-259.
DOI: 10.2517/1342-8144-16.3.252
- Sentoku Asuka and Ezaki Yoichi (2012b) Regularity and polarity in budding of the azooxanthellate colonial scleractinian *Dendrophyllia ehrenbergiana*: Consequences of radio-bilateral symmetry of the scleractinian body plan, *Lethaia*, 査読有, vol. 45, p. 586-593.
DOI: 10.1111/j.1502-3931.2012.00321.x
- Sentoku Asuka and Ezaki Yoichi (2012c) Regularity in budding mode and resultant growth morphology of the azooxanthellate colonial scleractinian *Tubastraea coccinea*, *Coral reefs*, 査読有, vol. 31, p. 67-74.
DOI: 10.1007/s00338-011-0808-5
- Sentoku Asuka and Ezaki Yoichi (2012d) Constraints on the formation of colonies of the extant azooxanthellate scleractinian coral *Dendrophyllia arbuscula*, *Lethaia*, 査読有, vol. 45, p. 62-70.
DOI: 10.1111/j.1502-3931.2011.00293.x
- 〔学会発表〕(計 28 件)
- 千徳明日香・石橋正嗣・升本眞二・大野理恵・富山隆将・町山栄章・多田井修・江崎洋一 (2014 年 11 月 29 日) X線 CT 画像の 3 次元モデルによる造礁性サンゴ *Turbinaria peltata* の群体形成様式, 日本サンゴ礁学会第 17 回大会, 高知城ホール(高知県・高知市)
- 足立奈津子・江崎洋一・劉 建波 (2014 年 9 月 13 日) 北中国山東省でのカンブリ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, 鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市)
- 江崎洋一・足立奈津子・劉 建波 (2014 年 9 月 13 日) 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, 鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市)
- 千徳明日香・徳田悠希・江崎洋一 (2014 年 6 月 27 日) 非造礁性群体六射サンゴ *Dendrophyllia cribrosa* での大型群体の形成, 日本古生物学会 2014 年年会, 九州大学(福岡県・福岡市)
- 足立奈津子・小谷綾香・江崎洋一・劉 建波 (2014 年 1 月 25 日) 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味, 日本古生物学会第 164 回例会, 兵庫県立人と自然の博物館(兵庫県・三田市)
- 江崎洋一 (2014 年 1 月 24 日) 揚子地塊における礁生態系の変遷と地球生物環境, 日本古生物学会第 164 回例会, 兵庫県立人と自然の博物館(兵庫県・三田市)
- 平田泰之・南 翔平・足立奈津子・江崎洋一 (2014 年 1 月 25 日) 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, 兵庫県立人と自然の博物館(兵庫県・三田市)
- 大野理恵・千徳明日香・升本眞二・江崎洋一 (2014 年 1 月 25 日) キサンゴ科群体サンゴにおける個体間干渉 テリトリーによる検証・続報, 日本古生物学会第 164 回例会, 兵庫県立人と自然の博物館(兵庫県・三田市)
- 千徳明日香・森寄仁美・大野理恵・江崎洋一・升本眞二・富山隆将 (2014 年 1 月 25 日) マイクロフォーカス X線 CT 画像を用いたサンゴ骨格癒合部の内部構造の解析, 日本古生物学会第 164 回例会, 兵庫県立人と自然の博物館(兵庫県・三田市)

千徳明日香・江崎洋一 (2013年12月13日) キサンゴ科六射サンゴの出芽による無性増殖様式と群体形成, 日本サンゴ礁学会第16回大会, 沖縄科学技術大学院大学(沖縄県・国頭郡恩納村)

千徳明日香・江崎洋一 (2013年10月31日) イシサンゴ目キサンゴ科の出芽による群体形成様式の規則性と変異性, 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会 バイオミネラリゼーションと石灰化-遺伝子から地球環境まで, 東京大学大気海洋研究所(千葉県・柏市)

足立奈津子・小谷綾香・江崎洋一・劉建波 (2013年9月14日) 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, 東北大学(宮城県仙台市)

江崎洋一・足立奈津子・劉建波 (2013年9月14日) 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, 東北大学(宮城県・仙台市)

千徳明日香・江崎洋一 (2013年9月26日) オノミチキサンゴで認められる出芽の極性と螺旋構造, 第84回日本動物学会, 岡山大学(岡山県・岡山市)

足立奈津子・小谷綾香・江崎洋一・劉建波 (2013年6月30日) 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, 熊本大学(熊本県・熊本市)

大野理恵・千徳明日香・升本眞二・江崎洋一 (2013年6月30日) 非造礁性群体六射サンゴにおける各個体のテリトリーの評価, 日本古生物学会2013年年会, 熊本大学(熊本県・熊本市)

足立奈津子・江崎洋一・劉建波 (2012年9月17日) 南中国のカンブリア紀前期最後期生物礁 古杯類礁消滅から微生物礁への変遷, 日本地質学会第119回学術大会, 大阪府立大学(大阪府・堺市)

江崎洋一・劉建波・足立奈津子 (2012年9月17日) 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回学術大会, 大阪府立大学(大阪府・堺市)

小谷綾香・江崎洋一・足立奈津子・劉建

波 (2012年9月17日) 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回学術大会, 大阪府立大学(大阪府・堺市)

千徳明日香・江崎洋一・後藤慎介・徳田悠希 (2012年9月17日) 非造礁性六射サンゴにおける出芽による無性増殖様式と群体形成, 日本地質学会第119回学術大会, 大阪府立大学(大阪府・堺市)

⑲ Sentoku Asuka and Ezaki Yoichi (2012年8月10日) Structural constraints on sympodial growth morphologies of azooxanthellate scleractinians of the genus *Dendrophyllia*, 34th International Geological Congress, (Brisbane, Australia)

⑳ Ohno Rie, Sentoku Asuka, Masumoto Shinji, and Ezaki Yoichi (2012年8月10日) Underlying mechanisms of growth unique to the colonial scleractinian coral *Dendrophyllia cribrosa*: A computer modelling approach, 34th International Geological Congress, (Brisbane, Australia)

㉑ Adachi Natsuko, Ezaki Yoichi, and Liu Jianbo (2012年8月9日) Early Cambrian reefs in South China prior to the demise of archaeocyaths, 34th International Geological Congress, (Brisbane, Australia)

㉒ Ezaki Yoichi, Liu Jianbo, and Adachi Natsuko (2012年8月9日) Early Ordovician reefs as a microcosm of Earth ecosystem: What had happened in South China?, 34th International Geological Congress, (Brisbane, Australia)

㉓ Sentoku Asuka and Ezaki Yoichi (2012年7月12日) Modes of increase by means of budding and resultant colony formation in Scleractinia *Dendrophyllia*, 2012 Association for the Sciences of Limnology and Oceanography Aquatic Sciences Meeting, 8 Lake Biwa, (Otsu, Japan)

㉔ 足立奈津子・中井貴士・江崎洋一・劉建波 (2012年7月1日) 南中国のカンブリア紀前期最後期生物礁 古杯類衰滅期の礁の構築様式, 日本古生物学会2012年年会, 名古屋大学(愛知県・名古屋市)

㉕ 大野理恵・千徳明日香・升本眞二・江崎洋一 (2012年7月1日) 非造礁性群体六射サンゴの出芽様式と適応様式 形態形成のモデリング及びシミュレーション, 日本古生物学会2012年年会, 名古屋大学(愛知県・名古屋市)

- ⑳千徳明日香・江崎洋一 (2012年7月1日)仮軸状形態で特徴づけられる非造礁性群体六射サンゴ *Dendrophyllia* 属の出芽時の構造制約, 日本古生物学会 2012 年年会, 名古屋大学 (愛知県・名古屋市)

〔図書〕(計2件)

江崎洋一(監修・執筆) (2014) 『地球 46億年の旅 12号 生命史に刻まれた最初の大量絶滅』, 朝日新聞出版, 34

江崎洋一(分担執筆)(印刷中)古生物学, バイオハーム, 顕生累代, 古生代, シルル紀, 石炭紀, 先カンブリア時代, デボン紀, ペルム紀, 『地形の辞典 第2版』, 朝倉書店

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.sci.osaka-cu.ac.jp/geos/geo6/ezaki/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

江崎 洋一 (EZAKI, Yoichi)

大阪市立大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号: 6 0 2 2 1 1 1 5