

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：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25610151

研究課題名(和文) 微生物岩に認められるラミナの形成 ミクロな構造中のマクロな情報

研究課題名(英文) Laminae and their origin in microbialites: macro-scale information in micro-scale structure

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) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：ストロマトライトを特徴づける「ラミナ」の形成様式は多様であり、時代的・堆積環境的に変化に富む。形成に関与する微生物類として、酸素発生型光合成細菌のみならず、酸素非発生型光合成細菌や化学合成細菌などが考えられ、それらの代謝活動によって「鉱物(炭酸カルシウムなど)の沈殿作用」が生じている。「鉱物の溶解作用」や「組織の破壊(ミクライト化)作用」もラミナの形成に複合的に関わっている。各ラミナ形成の周期性は、それぞれ異なる時間間隔を示す。特徴的なラミナの集積様式(Conophytonなどの円錐型ストロマトライト)は、先カンブリア時代当時の強光や紫外線に対する一種の防御形態と考えられる。

研究成果の概要(英文)：Laminae, which are a characteristic feature of stromatolites, vary in their origin according to the time in geological history and depositional environment. The microbes responsible for stromatolite growth include not only oxygenic photosynthetic bacteria, but also anoxygenic photosynthetic bacteria and chemosynthetic bacteria, thereby facilitating the precipitation of minerals such as calcium carbonate. In addition to mineral precipitation, the dissolution of minerals and the development of destructive textures (e.g., micritisation) through endolithic activity contribute to laminae formation via complex interactions. The periodicity of laminae indicates different time cycles. Specific accumulation patterns of laminae (e.g., the conical stromatolite growth form that is unique to Conophyton) possibly provided a defense against intense (ultraviolet) light during the Precambrian.

研究分野：層位・古生物学

キーワード：微生物岩 ストロマトライト ラミナ 細菌 鉱物

1. 研究開始当初の背景

(1) ストロマトライトは、微生物が形成に関与(誘導型生体鉱化作用)した最古の微生物岩であり、地質時代を通じて“連続的に”分布する。

(2) ストロマトライトを特徴づける「ラミナ」の集積(ストロマトライトの成長型)の多様性は調べられているが、具体的な形成様式の一般性や特殊性はほとんど解明されていない。

(3) 現在の海底表層部で認められる「単純な微生物生態系」では、主として溶存酸素レベルに応じ、「微生物類の棲み分け」が生じている。そこでは、各微生物類による光合成・化学合成・分解作用などを通じて、鉱物が沈殿し、同時に溶解や二次的な鉱物の晶出が促進されている。

2. 研究の目的

(1) 地質年代を通じて普遍的にみられる、ストロマトライトの「ラミナ」に注目し、その存在様式を明らかにする。

(2) 海水中の溶存酸素レベルや大気中のオゾン層の形成が貧弱であった、先カンブリア時代のストロマトライトの成長形態にも注目し、現在主義的な観点のみでは理解できない「ラミナの形成(集積)様式」を考察する。

(3) ラミナの形成を「超短時間的な時間軸(マイクロスケール)」を入れて解釈し、「超長時間的な地球生物相の相互変遷史(マクロスケール)」に関する情報を獲得する。

3. 研究の方法

(1) 各地質年代に特徴的なストロマトライト試料を用い、マイクロとマクロ、現世と過去、沈殿と溶解、構築と破壊、酸化と還元などの現象を対置させ、ストロマトライトを特徴づける「ラミナ」の形成様式を明確にする。

(2) ラミナの存在を際立たせる、とくに不連続暗黒部(透過光下)に注目し、その形成に深く関与する要因を個別に解明する。

(3) ラミナの形状やラミナの集積(ストロマトライトの成長型)の原因や必然性を、「含有微生物類の分布様式」や「電磁波への生体反応」の観点から検証する。

4. 研究成果

(1) 各地質年代の「ストロマトライトのラミナの形成要因」を比較・検討した。

エディアカラ系(江蘇省寧県九頂山層)ストロマトライトでは、「フィラメント状シアノバクテリアの凹凸部への集積(図1)」と「局所的な球状シアノバクテリアの集積」の繰り返し。



図1 フィラメント状バクテリアの分布

中部カンブリア系張夏層(山東省)ストロマトライトでは、石灰微生物類である *Girvanella* の周期的な集積(図2)。

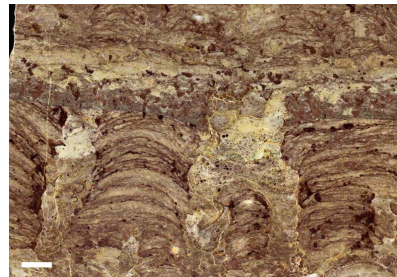


図2 *Girvanella* の集積によるラミナ(スケール1 cm)

最下部トリアス系(*Hindeodus parvus* 帯)ストロマトライト(湖北省)では、微生物類による周期的な穿孔作用による細粒ミクライト化(図3)。



図3 穿孔作用起源のラミナ(スケール2 mm)

これら周期的なラミナが形成される時間間隔は、個別の事例ごとに異なっている。

(2) 江蘇省寧県に分布する九頂山層(エディアカラ系)の珪質ストロマトライト中にシアノバクテリア(フィラメント状と球状)が認められる。それらバクテリアの分布様式とラミナ形態との関連から、気泡(おそらく酸素)の痕跡と考えられる構造が識別できる。この現象を通じて、ストロマトライトを特徴づける「ラミナ」の形成要因の一端を解明した。

(3) 先カンブリア時代に特徴的な円錐形ストロマトライト(図4)に注目し、その形態学的な意義を受光量の観点から実験的に考察した。円錐形は、形成当時の強光や紫外線に対する一種の防御形態と考えられる。



図4 円錐形ストロマトライト (Conophyton)

(4) 太古累代, 原生累代, 顕生累代を通じて, 海洋環境がそれぞれ嫌気的環境, 硫化的環境, 好気的環境へと変化している。海洋の化学的な環境に応じて, 酸素発生型光合成細菌のみならず, 酸素非発生型光合成細菌や化学合成細菌の活動による鉱物(炭酸カルシウムなど)の沈殿作用や溶解(ミクライト化)作用を通じてラミナが形成されている。

(5) とりわけ先カンブリア時代のストロマトライトの形成には, 細菌による「硫酸イオンの還元作用」や「硫化水素の酸化作用」に基づく「硫黄の物質循環」を考慮する必要がある。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計10件)

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

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

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

Tokuda Yuki and Ezaki Yoichi (2013) Attachment structures in *Rhizotrochus* (Scleractinia): macro- to microscopic traits and their evolutionary significance, *Lethaia*, 査読有, vol. 46, p. 232-244.
DOI: 10.1111/let.12013

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

Ezaki Yoichi, Liu Jianbo, and Adachi Natsuko (2012) Lower Triassic stromatolites in Luodian County, Guizhou Province, South China: Evidence for the protracted devastation of the marine environments, *Geobiology*, 査読有, vol. 10, p. 48-59.
DOI: 10.1111/j.1472-4669.2011.00309.x

Tokuda Yuki and Ezaki Yoichi (2012) Asexual reproduction of Pliocene solitary scleractinian coral *Truncatoflabellum*: Morphological and biometric study. *Journal of Paleontology*, 査読有, vol. 86, p. 268-272.
DOI: 10.1666/10-088.1

王海峰・刘建波・江崎洋一 (2012) 華南地区貴州羅甸大文剖面 PTB 前后海平面变化及其全球对比. *北京大學學報自然科學版*, 査読有, 4, p. 65-78,
<http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2442.N.20120224.1047.01O.html>

[学会発表](計20件)

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・刘建波 (2014年6月28日) 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

異なる産状と生活様式, 日本古生物学会2014年
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)

徳田悠希・江崎洋一(2013年12月13日)
単体サンゴ *Truncatoflabellum* 属(イシサン
ゴ目センガイ科)の無性生殖様式とその
進化的意義, 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)

徳田悠希・江崎洋一(2013年10月31日)
非造礁性単体六射サンゴ(イシサンゴ目セ
ンガイ科)の骨格微細構造とその進化的
意義, 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)

石井一史・江崎洋一・足立奈津子・劉建波
(2013年9月14日) 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, 東北大学(宮城県・仙台市)

竹中大輝・上田聡美・江崎洋一(2013年9
月26日) 造礁性六射サンゴ *キクメイシモ*

ドキの紫外線への呼応, 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味, 日本古生物学会
2013年年年会, 熊本大学(熊本県・熊本市)

徳田悠希・江崎洋一(2013年6月29日)
Flabellum (Ulocyathus) 亜属の骨格微細構
造とその進化的意義, 日本古生物学会
2013年年年会, 熊本大学(熊本県・熊本市)

浅田雄哉・江崎洋一・足立奈津子・劉建
波(2012年9月17日) 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)

Tokuda Yuki and Ezaki Yoichi(2012年8月10
日) Innovative adaptation of attachment
structures of *Rhizotrochus* (Scleractinia):
macro- to microscopic traits and evolutionary
significance, 34th International Geological
Congress, (Brisbane, Australia)

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)

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)

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
年年会, 名古屋大学(愛知県・名古屋市)

徳田悠希・江崎洋一(2012年6月30日) 単
体六射サンゴ *Truncatoflabellum* 属の横分
裂における骨格および軟体部の挙動, 日本
古生物学会2012年年年会, 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：60221115

(2) 研究分担者

後藤 慎介 (GOTO, Shinsuke)

大阪市立大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：70347483