

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24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：2010～2011

課題番号：22654062

研究課題名（和文）深海サンゴ骨格に刻まれる1日 - 半世紀におよぶ海洋表層環境の復元 -

研究課題名（英文）Daily environmental changes recorded in deep-sea corals:
reconstruction of the ocean surface environment over 50 years

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

研究成果の概要（和文）：*Flabellum (F.) magnificum* の骨格には、多元的時間背景を有する成長線が刻まれている。時間的多元性は、骨格構造の多元性に反映される。骨格は、Sr/Ca 比、Ba/Ca 比、Mn/Ca 比変化として、海洋表層から深層域の環境（栄養塩量や熱水活動など）変動を記録している。「軟体部活動度の周期性の検出」や概日時計遺伝子のクローニングに成功し、今後、半世紀におよぶ海洋環境の復元が可能である。

研究成果の概要（英文）：The skeleton of *Flabellum (F.) magnificum* provides a record of environmental variables at various time scales. The different time scales are preserved by different elements of the skeletal structure of this species. In particular, temporal changes in Sr/Ca, Ba/Ca, and Mn/Ca ratios during corallite growth reflect environmental fluctuations (e.g., nutrient availability, hydrothermal activity) at the ocean surface and in deep-sea areas. In addition, circadian rhythmicity was detected in polyp activity, and circadian clock genes were identified. In the future, it will be possible to reconstruct temporal fluctuations in the ocean environment over a period of 50 years, based on analyses of the composition of the skeleton of *F. magnificum*.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	0	1,400,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	2,700,000	390,000	3,090,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・層位・古生物学

キーワード：環境変動, 深海環境, 層位・古生物学, 地球化学, 地質学

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、「炭酸塩骨格の構造解析や化学分析」を、マイクロ (μm) ～ナノ (nm) スケールで行え、新たな「石灰化プロセス」や「元素の存在様式」の解釈が求められている。

(2) 水深約 300m という、ほとんど環境が変化しない条件に生息する動物でも、体内時

計は 1 日周期で駆動していると推定され、生体変動から、「概日時計」によってもたらされる「日周リズム」を抽出できる可能性が高い。

(3) 多くの動植物から、概日時計にかかわる「時計遺伝子」(*period* など) の発見が相次ぎ、それらの発現・抑制・制御機構の研究が盛んに行われている。

(4) 深海サンゴの生体活動は、表層域での環境変動に、「食物連鎖・物質循環システム」を介して、敏感に反応していると考えられる。深海サンゴ骨格は、「固有の1日リズム」に左右されつつも、表層-深海底質上の環境変動に強く影響を受けた痕跡を記録している。

2. 研究の目的

- (1) サンゴ骨格（とくに成長線）中に残された「構造的な特性」を体系化（mm～nmスケール）。
- (2) 炭素・酸素同位体比変動，Sr/Ca比で代表される「元素分析」（ μm ～nmスケール）。
- (3) ポリブ膨縮の経時的な観察を通じて、「活動度の周期性」（とくに概日リズム）を抽出。
- (4) 時計遺伝子の抽出とその「経時的な発現解析」を行い、サンゴの「時計とその出力系」を解明。
- (5) 骨格中に「1日単位の目盛り」を設定し、1日毎の「同位体比・元素量変動」と「骨格形成様式の変動」中に、「海洋表層域での環境変動」がどのように関係しているのかを追求。

3. 研究の方法

- (1) 古生物学的方法：高解像度の骨格外部・内部構造をmm～ μm スケールで解析する。とくに、骨格基本要素である「粒状結晶と繊維状結晶の存在様式を調べる（ μm スケール）。
- (2) 地球化学的方法：酸素・炭素安定同位体比を測定ならびに元素濃度（Sr/Ca比，Mg/Ca比，Ba/Ca比，Mn/Ca比など）を分析する。骨格の「地球化学的分析結果」と「構造解析結果」との対応関係を明らかにする。
- (3) 時間生物学的手法：恒常条件下でサンゴを飼育し、「ポリブの膨縮」を、高感度カメラを用い長期間にわたって撮影、記録する。その上で生体リズムの解析を行う。
- (4) 分子生物学的手法：「概日時計遺伝子のクローニング」を行う。「各遺伝子の発現パターン」を解析し、これらの分子が周期的に発現しているかを検討する。
- (5) 時間情報（1日）と結晶構造や成長線間の対応関係を明確にする。得られた結果が、既知のどのような「海洋表層環境の変動」と密接な関連があるのかを検証する。その上で、センスガイ個体から「半世紀間の海洋表層環境の復元」を行う。

4. 研究成果

(1) *Flabellum (F.) magnificum* の骨格の外表面と骨格内部に細かな成長線が観察される。その構造解析の結果、骨格はアラゴナイトから

構成され、「粒状組織」と「繊維状組織」の重複的な繰り返しによって形成されている。

(2) 明瞭な成長線形成域は、「Sr/Ca比の急激な減少ポイント」や「Ba/Ca比の減少ポイント」と一致する。顕著な成長線の形成には、貧栄養で暖流の黒潮の流入に起因する環境変動が強く関与していることが示唆される。

「Mn/Ca比の上昇ポイント」は、海底での火山活動を記録している可能性が高い。

(3) *Flabellum* 属を用い、様々に組合せた明暗の外的光条件への呼応（ポリブを膨張・収縮）をモニタリングした。「 χ 2乗ペリオドグラム法」によって周期性を解析した結果、当該サンゴは、光に明確に反応していることが判明した。全暗条件下でも周期性を示すことから、時計遺伝子の存在が示唆される。

(4) 「リアルタイムPCR装置」を用い、遺伝子解析を行った結果、複数の概日時計遺伝子のクローニングに成功した。「各遺伝子の発現パターン」を解析し、分子が周期的に発現しているかどうかの検討が必要である。

(5) 微細構造の観察や地球化学的なアプローチから、中・深層域に生息する非造礁性サンゴ骨格中の元素量は、サンゴが生息していた時期の海洋（表層から深層）の環境変動を顕著に反映していることが示唆される。

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6件）

- ① Sentoku Asuka and Ezaki Yoichi, 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, (印刷中) .
- ② Sentoku Asuka and Ezaki Yoichi, Regularity in budding mode and resultant growth morphology of the azooxanthellate colonial scleractinian *Cyathelia axillar*: effective and adaptive ways of utilizing habitat resources, *Paleontological Research*, 査読有, (印刷中) .
- ③ Sentoku Asuka and Ezaki Yoichi, Regularity in budding mode and resultant growth morphology of the azooxanthellate colonial scleractinian *Tubastraea coccinea*, *Coral Reefs*, 査読有, Vol. 31, 2012, pp.67-74.
- ④ Sentoku Asuka and Ezaki Yoichi, Constraints on the formation of colonies of the extant azooxanthellate scleractinian coral *Dendrophyllia arbuscula*, *Lethaia*, 査読有, Vol. 45, 2012, pp.62-70.
- ⑤ Tokuda Yuki and Ezaki Yoichi, Asexual reproduction of Pliocene solitary scleractinian

coral *Truncatoflabellum*: Morphological and biometric study, *Journal of Paleontology*, 査読有, Vol. 86, 2012, pp.268-272.

- ⑥ Tokuda Yuki, Ikeno, Tomoko, Goto G. Shin, Numata Hideharu, and Ezaki, Yoichi, Influence of different substrates on the evolution of morphology and life-history traits of azooxanthellate solitary corals (Scleractinia: Flabellidae), *Biological Journal of the Linnean Society*, 査読有, Vol. 101, 2011, pp.184-192.

[学会発表] (計 16 件)

- ① 江崎洋一, 加藤誠, 秋吉帯の石炭系から産する特異な形態組み合わせを有する四射サンゴ - 系統的意義 -, 日本古生物学会 2011 年年会, 2011 年 7 月 2 日, 金沢大学.
- ② Ezaki Yoichi and Kato Makoto, Extreme constructional forms of Carboniferous Rugosa from the Akiyoshi Terrane in Japan: Palaeoecological implications of remarkable morphological combinations, 11th International Symposium on Fossil Cnidaria and Porifera, 2011 年 8 月 26 日, Liège, Belgium.
- ③ 石橋正嗣, 千徳明日香, 江崎洋一, 升本眞二, X線CT画像を用いたスリバチサンゴ骨格の3次元モデリング, 日本情報地質学会, 2011 年 6 月 24 日, 大阪市立大学.
- ④ 石橋正嗣, 千徳明日香, 江崎洋一, 升本眞二, 町山, 栄章, 富山隆将, 多田井修, X線CT画像を用いたスリバチサンゴ骨格の3次元モデルから認められる出芽の規則性, 日本古生物学会 2011 年年会, 2011 年 7 月 2 日, 金沢大学.
- ⑤ 大野理恵, 千徳明日香, 升本眞二, 江崎洋一, 非造礁性群体四射サンゴのシミュレーションによるモデリング, 日本情報地質学会, 2011 年 6 月 24 日, 大阪市立大学.
- ⑥ 大野理恵, 千徳明日香, 升本眞二, 江崎洋一, シミュレーションを用いた非造礁性群体四射サンゴの形態解析, 日本古生物学会 2011 年年会, 2011 年 7 月 2 日, 金沢大学.
- ⑦ 大野理恵, 千徳明日香, 升本眞二, 江崎洋一, 群体サンゴ *Dendrophyllia cribrosa* が示す特異な成長形態の特殊な背景 - モデリングによる検討 -, 日本古生物学会第 161 回例会, 2012 年 1 月 21 日, 群馬.
- ⑧ 千徳明日香, 江崎洋一, キサンゴ科非造礁性四射サンゴにおける出芽による無性増殖様式と群体形成, 日本古生物学会 2011 年年会, 2011 年 7 月 2 日, 金沢大学.
- ⑨ Sentoku Asuka and Ezaki Yoichi, Regularity in budding mode and resultant growth morphology of azooxanthellate colonial scleractinian *Cyathelia axillaris*, 11th International Symposium on Fossil Cnidaria

and Porifera, 2011 年 8 月 25 日, Liège, Belgium.

- ⑩ 千徳明日香, 後藤慎介, 江崎洋一, キサンゴ科四射サンゴの分子系統解析 - マクロ形態との比較 -, 日本古生物学会第 161 回例会, 2012 年 1 月 21 日, 群馬.
- ⑪ 徳田悠希, 江崎洋一, 千徳明日香, 三木貴司, 非造礁性四射サンゴが示す特異な隔壁配列とその成因, 日本古生物学会 2011 年年会, 2011 年 7 月 2 日, 金沢大学.
- ⑫ 上田聡美, 江崎洋一, 造礁性四射サンゴ *Oulastrea crispata* (キクメイシモドキ) の骨格構成と無性生殖様式, 日本古生物学会 2011 年年会, 2011 年 7 月 2 日, 金沢大学.
- ⑬ Ueda Satomi and Ezaki Yoichi, Skeletal construction and asexual modes of reproduction of zooxanthellate scleractinian *Oulastrea crispata*, 11th International Symposium on Fossil Cnidaria and Porifera, 2011 年 8 月 25 日, Liège, Belgium.
- ⑭ 上田聡美, 江崎洋一, 特異な環境に生息する群体性イシサンゴ, *Oulastrea crispata* (キクメイシモドキ) に見られる群体拡大の過程, 日本古生物学会第 161 回例会, 2012 年 1 月 21 日, 群馬.
- ⑮ 上田聡美, 江崎洋一, 特異な生態を示す造礁性群体四射サンゴ *Oulastrea crospata* (キクメイシモドキ) の骨格構成, 日本古生物学会 2010 年年会, 2010 年 6 月 12 日, 筑波大学.
- ⑯ 千徳明日香, 江崎洋一, 非造礁性群体四射サンゴ *Dendrophyllia boschmai* で認められる規則性と成長形態, 日本古生物学会 2010 年年会, 2010 年 6 月 12 日, 筑波大学.

[図書] (計 3 件)

- ① 江崎洋一 (分担執筆), 生物学辞典, 岩波書店, 印刷中, -.
- ② 江崎洋一 (分担執筆), 地形の辞典, 朝倉書店, 印刷中, -.
- ③ 江崎洋一 (分担執筆), 古生物学事典 第 2 版, 朝倉書店, 2010, 584.

[その他]

ホームページ等

http://www.sci.osaka-cu.ac.jp/geos/geo6/sub_2_ezaki.htm

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

沼田 英治 (NUMATA HIDEHARU)

京都大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：70172749

渡邊 剛 (WATANABE TSUYOSHI)
北海道大学・大学院理学研究科・講師
研究者番号：80396283

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