

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：32649

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K21450

研究課題名（和文）現生刺胞動物で発見した盤割様胚の分析からエディアカラ紀胚化石の生物門を探る

研究課題名（英文）Exploring the biota of Ediacaran embryo fossils through analysis of meroblastic-like embryos found in extant cnidarians

研究代表者

大久保 奈弥（Okubo, Nami）

東京経済大学・全学共通教育センター・教授

研究者番号：50401576

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：エディアカラ期には海綿と刺胞動物が存在したとされ、その地層からは等割と盤割様の胚化石が発見されていますが、現生の海綿と刺胞動物は盤割様の発生をしないので、胚化石の親生物は不明でした。そのような折、刺胞動物で初めて胚化石と同様の初期卵割をするサンゴを発見しました。そこで、胚化石と現生のサンゴ胚の生体元素（主に金属元素）の分布を比較分析し、胚化石の生物門の特定に挑みました。残念ながら、コロナ禍で海外出張ができず、また、手持ちのエディアカラの岩石からは分析に適した胚化石を採取することができませんでしたが、現生のサンゴでは微量金属元素の分布を全て明らかにできたので、引き続き解析を続けます。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、地球最古の胚がどんな生き物に由来するのか、研究者だけでなく、子供を始めとした一般の人々の想像を掻き立てる、大変夢のある内容です。また、化石メタロミクスという新たな研究分野を創るだけでなく、発生胚で生体内元素がどの様に利用されているのか、卵割の種類で違いがあるのかなど、様々な研究にも応用できる方法を開発するので、学問的にも大変意義があり、まさに挑戦に値すると思います。

研究成果の概要（英文）：Sponges and cnidarians are considered to have existed during the Ediacaran period, and isoblastic and meroblastic embryo fossils have been found in those formation. However, the parental organisms of the embryo fossils were unknown, as the present-day sponges and cnidarians do not develop in the same way as the embryo fossils. It was at this time that the first cnidarian corals were discovered that had an early cleavage similar to meroblastic-like embryo fossils. We therefore undertook a comparative analysis of the distribution of bioelements (mainly metallic elements) in the embryo fossil and the present coral embryo, and attempted to identify the biota of the embryo fossil. Unfortunately, we were unable to travel abroad due to the coronal disaster and were unable to collect embryo fossils suitable for analysis from the Ediacara rocks we had on hand, however, we were able to determine the distribution of all trace metal elements in the extant corals and will continue our analysis.

研究分野：海洋生物学

キーワード：coral meroblastic Ediacara formation embryo

1. 研究開始当初の背景

中国貴州省の陡山沱層(ドウシャンツォ)の地層からは、エディアカラ紀(図1)に堆積した最古の後生動物の胚化石が産出します。現在、胚化石はリン酸塩鉱物で置換され、極めて保存がよく、全割で等割(図2)と部分割で盤割様(図3)の初期胚が見つっていますが、同じ地層から成体の化石が発見されていないので、どの様な生物の胚なのかはわかりません。エディアカラ紀には海綿や刺胞動物が既に存在したとされているので、陡山沱層で産出された等割の胚化石が当時生息していた刺胞動物の胚である可能性は高いですが、盤割の胚化石の起源については大きな謎となっています。なぜなら、現生の刺胞動物では、多くが全割で、数種に部分割の表割が見られるだけだからです(Cary 1910, Chia & Spaulding 1978, Dunn 1975, Siebert 1973)。現生の動物で盤割を行うのは、頭足類や脊椎動物といった左右相称動物ですが、その時代には存在していないと考えられているので、結局のところ、盤割様の胚化石がどの生物門なのかは未だ不明です(Rensing 2016)。そのような折、私は**刺胞動物で初めて、図3に示した盤割様胚化石と同じ卵割をするソフトコーラルの一種を発見しました**(未発表、図4)。このサンゴは、最初に割球の一部だけが盤割様に分裂し、その後表割となり、最後は全割になるという、今の動物にみられる全ての卵割様式を含んだ発生をします。図3の胚化石は写真のステージしか見つかっておらず、その後どのような発生をするかはわかりませんが、もしかすると私の見つけたサンゴと同じく全割になる可能性もあります。いずれにせよ、**今回の私の発見により、古生物学者の抱える矛盾は解決され、エディアカラ紀の盤割様の胚化石が刺胞動物のものである可能性が初めて生じたのです。**

2. 研究の目的

そこで、図3の胚化石が果たして刺胞動物なのか、それとも別の生き物に近いのか、まずは私の見つけたサンゴ種の同定、そして胚の組織学的観察と生体元素(主に金属元素)を分析し、**胚化石の生物門の特定に挑みました。**

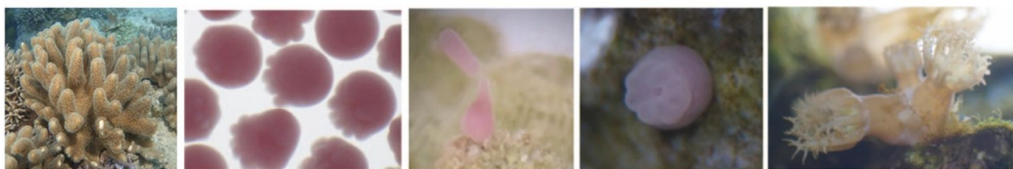


図4(左から)初期発生で盤割をする軟サンゴの成体・発生胚・プラヌラ・着底ポリプ・出芽で成長する稚ポリプ

3. 研究の方法

日本のサンゴの産卵は一年に一度であり、研究対象とするサンゴは6月から7月の大潮を過ぎたころに産卵します。産卵予定日の前後1週間、夜8時前後にダイビングにより潜水し、産卵を確認したら群体の一部を切断してバケツに入れ、研究室に持ち帰り、精子と卵を採取します。採取した配偶子を受精させ、各発生段階の胚をホルマリン固定し、エタノールで脱水した後、樹脂に包埋し、ミクロトームを用いて切片を作成し、組織学的観察を行います。また、現生胚と化石胚中の元素分析は東京大学と学習院大学で行います。最先端の技術を備えた質量分析装置であるLA-ICP-MS/MSを用いて、その胚の各切片中のB, Na, P, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Sr, Ba, Pbなどの元素をマッピングします。全切片の結果から3次元構築した各元素の分布と濃度を知ることができるので、その解析を各発生段階で行います。また、胚化石の分析は、生物の軟組織由来の有機物が全体に分布している茶色化石の薄片試料を対象として、現生サンゴ胚の分析と同様に、有機物の分布のみならず、B, Na, P, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Sr, Ba, Pbなどの生体元素の分布をLA-ICP-MS/MSを用いて調べます。有機物の分布はLA-ICP-MS/MSに付属するLIBsを用いて調べます。化石を研究する上で注意しなければならない点は、化石化の際の元素移動です。上述のように胚化石では軟組織がリン酸塩に置換されているため、リン酸塩化時に元素が溶出してしまうことが懸念されます。そこで、LIBsによる有機物マッピングとセットで分析することによって、元来の元素分布を得ます。これらの結果から、胚化石と現生サンゴ胚の共通性について調べ、エディアカラ紀の胚化石の生物門を考察しました。

4. 研究成果

コロナ禍のため、中国に渡って胚化石を採取することができず、手持ちの岩石から胚化石の採取を試みましたが、多細胞のような化石がひとつ見つかっただけで、化石での成果はありませんでした。一方、現生の生物胚については多くの結果が得られました。まず、胚の樹脂切片にレーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析装置(図1, LA-ICP-MS/MS)を当てて、発生胚中のイオン化された微量金属元素の分離検出が綺麗にできる方法を開発しました。例えば、我々がアフリカツメガエル胚で分析した結果からは、例えば、未受精卵においては植物極側にPやS、動物極に金属元素が偏在していることがわかります。単細胞である未受精卵の段階から偏在が起きていること、更に動物極は植物極に比べて卵黄が少なく細胞分裂が活発に行われる場所であることから、細胞分裂や発生運命決定に関与していると考えられます。また、受精時のCa waveが精子の突入点である動物極側から植物極に向かって拡散している様子も綺麗に捉えることができました。さらに、ヒ素が胚の表面に浸透している様子も明らかとなりました。また、サンゴ胚では、受精から約6時間後に元素の偏在が起き、分布の仕方は内胚葉、外胚葉、試料全体の3種類に分類できることもわかりました。更にサンゴではCr、カエルではPbといった、1ng/g以下の微量元素の分布を明らかにすることもできました。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Okubo Nami, Tamura-Nakano Miwa, Watanabe Tatsuo	4. 巻 162
2. 論文標題 Experimental observation of microplastics invading the endoderm of anthozoan polyps	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Marine Environmental Research	6. 最初と最後の頁 105125 ~ 105125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marenvres.2020.105125	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okubo Nami, Nakano Yoshikatsu, Mita Masatoshi	4. 巻 64
2. 論文標題 Lipid composition of gametes in scleractinian reef-building corals: wax-esters generate buoyancy for the gametes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Invertebrate Reproduction & Development	6. 最初と最後の頁 291 ~ 295
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/07924259.2020.1815875	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Satoshi, Ishikawa Akira, Aoki Shogo, Komiya Tsuyoshi	4. 巻 30
2. 論文標題 Occurrence and chemical composition of the Eoarchean carbonate rocks of the Nulliak supracrustal rocks in the Saglek Block of northeastern Labrador, Canada	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Island Arc	6. 最初と最後の頁 1-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/iar.12381	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakamura Hitomi, Sano Ayane, Kagami Saya, Yokoyama Tetsuya, Ishikawa Akira, Komiya Tsuyoshi, Iwamori Hikaru	4. 巻 347
2. 論文標題 Compositional heterogeneity of Archean mantle estimated from Sr and Nd isotopic systematics of basaltic rocks from North Pole, Australia, and the Isua supracrustal belt, Greenland	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Precambrian Research	6. 最初と最後の頁 105803 ~ 105803
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.precamres.2020.105803	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Xing, Vannier Jean, Yang Xiaoguang, Kubota Shin, Ou Qiang, Yao Xiaoyong, Uesugi Kentaro, Sasaki Osamu, Komiya Tsuyoshi, Han Jian	4. 巻 63
2. 論文標題 An intermediate type of medusa from the early Cambrian Kuanchuanpu Formation, South China	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Palaeontology	6. 最初と最後の頁 775 ~ 789
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pala.12483	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuguchi Takashi, Ishibashi Kozue, Sakata Shuhei, Yokoyama Tatsunori, Itoh Daichi, Ogita Yasuhiro, Yagi Koshi, Ohno Takeshi	4. 巻 372-373
2. 論文標題 Simultaneous determination of zircon U?Pb age and titanium concentration using LA-ICP-MS for crystallization age and temperature	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lithos	6. 最初と最後の頁 105682 ~ 105682
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lithos.2020.105682	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okubo Nami	4. 巻 232
2. 論文標題 Insights into coral restoration projects in Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Ocean & Coastal Management	6. 最初と最後の頁 106371 ~ 106371
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ocecoaman.2022.106371	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 大久保 奈弥	4. 発行年 2021年
2. 出版社 岩波書店	5. 総ページ数 126
3. 書名 サンゴは語る	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小宮 剛 (Komiya Tsuyoshi) (30361786)	東京大学・大学院総合文化研究科・教授 (12601)	
研究分担者	大野 剛 (Ohno Takeshi) (40452007)	学習院大学・理学部・教授 (32606)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関