

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 27 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23654176

研究課題名（和文）化学古生物学の創成

研究課題名（英文）Toward creation of Chemical paleontology

研究代表者 小宮 剛 (KOMIYA TSUYOSHI)

東京大学・大学院総合文化研究科・准教授

研究者番号：30361786

研究成果の概要（和文）：

従来の形態に基づく古生物学研究では球状などの形態や現生生物に見られない形態をもつ生物の起源を調べることは極めて困難である。本研究では、化石の化学組成や三次元構造を解析することでそれらの化石の生物種同定や内部組織観察を行った。その結果、最古の動物胚化石から真核生物特有の有機分子構造を同定し、それが動物胚起源であることを化学的に実証した。また、最古の刺胞動物幼生化石の内部に五角形構造が卓越することを発見した。その発見は初期の刺胞動物には左右相称構造が卓越していたことを示唆する。

研究成果の概要（英文）：

It is difficult to investigate the origins of fossils whose structures are very common or have no modern equivalents based on the morphology. Recently, it is controversial whether globular fossils in the Ediacaran originate from the oldest animal embryos or colonized large bacteria. We carried out *in-situ* FT-IR analyses of the oldest animal embryo fossils and found organic molecular evidence for the eukaryotes, namely metazoans. We conducted synchrotron X-ray Micro-CT analyses of the oldest cnidarian polyp fossils to observe the internal structures. We found clear pentaradial structures inside, suggesting the early Cnidaria did not have radial structures but bilateral structures.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|-------|-----------|---------|-----------|
| 交付決定額 | 2,800,000 | 840,000 | 3,640,000 |

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：放射光 X 線 Micro-CT, 化学古生物学, カンブリア紀, カンブリア爆発, 後生動物化石, 微小硬骨格動物化石

1. 研究開始当初の背景

従来の化石の研究は主に形態に基づきされてきた。しかし、これには研究手法上いくつかの限界がある。例えば、(1) 単純な形態もしくは、共通に見られる形態をもつ化石や (3) 現生種に対比する生物が存在しない場合、その生物種を特定するのは原理的に難

しい。本研究で、ターゲットにしている多細胞動物出現期からカンブリア大爆発時までの多細胞動物出現黎明期はまさにこれらの問題に直面しており新しい古生物学的研究手法の創成を必要としている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、従来の外観の形態だけでは分からない、生物学的特徴を化学組成や同位体組成を用いて同定する新しい研究手法を開発することである。特に、原生代後期からカンブリア紀初期の多細胞動物化石にこの手法を応用し、多細胞動物出現期の生物種の同定や特異的な生物学的特徴を調べ、生命進化を解明することを目的とする。

3. 研究の方法

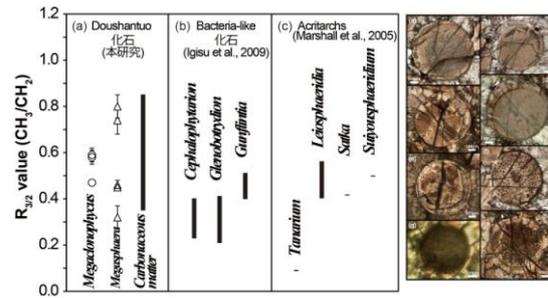
(1) 原生代末エディアカラ紀の最古の後生動物胚化石の局所顕微赤外分光分析。(2) カンブリア紀初期澄江動物群の卵を保有する節足動物化石の放射光 X 線 Micro-CT 分析と卵の組成分析。(3) 初期カンブリア紀寛川溝層の最古刺胞動物微化石の卵、胚、幼生化石の放射光 X 線 Micro-CT 分析。

4. 研究成果

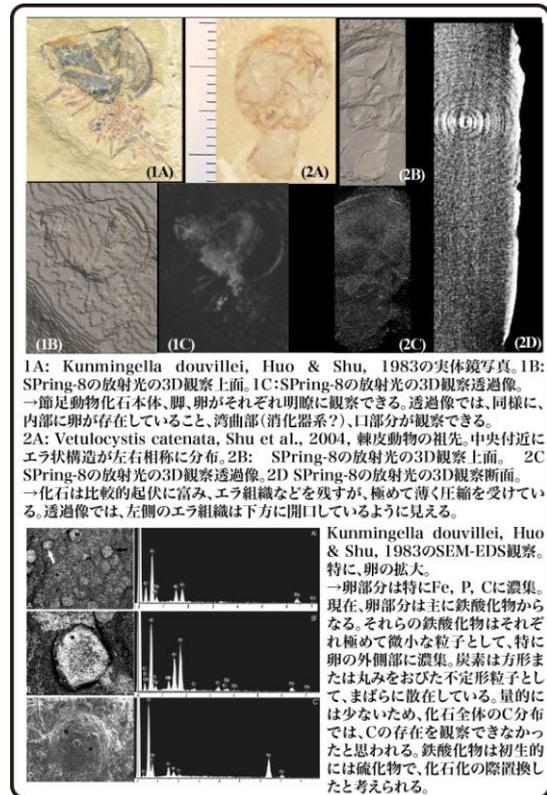
本研究では、以下のように化石の化学組成や三次元像観察を行い、その生物種を特定する一連の研究を行なった。

(1) 6 億年前の地層から出現する小割球からなる球状の化石は最古の動物胚化石とされるが、この化石の生物種の特定はこれまで二転三転している。当初は、その小割球の集合体であることが重視され、大型球形藻類であると解釈されたが、1998 年に同時に産する化石が卵割の各段階を示すと解釈され、胚化石であると再解釈された。しかし、2007 年には最近見つかった大型の硫黄酸化細菌に似ているという指摘がされ、バクテリア起源であることが示唆された。このように形状だけでは動物胚化石と細菌化石とを判別することすら難しい。生命進化史において、この動物胚化石は現在見つかっている最古の多細胞動物とされているので、動物出現時の推定にも多大に影響するが、現時点ではいままお確定せず、重大な問題となっている。

そこで、南中国の瓮安地域のエディアカラ紀(6 億年前)のリン酸塩岩層に産する最古の動物胚化石とされる微化石の顕微 FT-IR 分析を行なった。その結果、その化石から真核生物に特徴的な CH_3/CH_2 比をもつ有機分子を特定した(図 1)。これまでの形態に基づく研究では動物胚なのかそれとも巨大な硫黄酸化細菌なのかについて不明確であった。本研究は動物胚であることを形態以外の研究手法から初めて示した。



(2) 9 試料の澄江動物群化石の放射光 X 線



1A: Kunmingella douvillei, Huo & Shu, 1983の实体鏡写真。1B: SPring-8の放射光の3D観察上面。1C: SPring-8の放射光の3D観察透過像。→節足動物化石本体、脚、卵がそれぞれ明瞭に観察できる。透過像では、同様に、内部に卵が存在していること、湾曲部(消化器系?)、口部分が観察できる。2A: Vetulocystis catenata, Shu et al., 2004, 棘皮動物の祖先。中央付近にエラ構造が左右相称に分布。2B: SPring-8の放射光の3D観察上面。2C: SPring-8の放射光の3D観察透過像。2D: SPring-8の放射光の3D観察断面。→化石は比較的起伏に富み、エラ組織などを残すが、極めて薄く圧縮を受けている。透過像では、左側のエラ組織は下方に開口しているように見える。

Micro-CT 分析をした。それらは、最古の卵を保有する節足動物化石、最古棘皮動物化石、最古脊椎動物(無顎魚類, Haikouella)化石、節足動物化石、藻類化石と腕足動物化石である。節足動物化石は卵の部分が透過においても明瞭に観察することができた。また、口周辺に化石表面ではみられなかった、構造がみられるとともに、中心を貫く組織(消化器系?)が存在する。また、棘皮動物化石では、実体鏡観察によって示唆される中心部のエラ状構造は透過像でも観察でき、実体鏡観察では見ることができなかった、内部に続く様子が見て取れる(図2上)。

最古の卵を有する節足動物化石本体と卵の主成分元素分析を行なった。卵を抱く節足動物化石の元素分布観察は化石部分がC, Fe, Pなどの元素に比較的富むことを示す。Cは方形や丸みをおびた不定形粒子として存在し、Feは酸化物として存在する。卵部分にもC, Fe, Pが濃集する(図2下)。

グを決める動物となる。

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 21 件)

- (1) Duan, Y., Han, J., Fu, D., Zhang, X., Yang, X., Komiya, T., Shu, D., 2013. Reproductive strategy of the bradoriid arthropod *Kunmingella douvillei* from the Lower Cambrian Chengjiang Lagerstätte, South China. *Gondwana Research*, in press.
- (2) Igisu, M., Komiya, T., Kawashima, M., Nakashima, S., Ueno, Y., Maruyama, S., Takai, K., 2013. Micro-FTIR spectroscopy of Ediacaran embryo-like microfossils from Doushantuo Formation in Weng'an area. *Gondwana Research*, in press.
- (3) Ishikawa, T., Ueno, Y., Shu, D., Li, Y., Han, J., Guo, J., Yoshida, N., Komiya, T., 2013. Irreversible change of the oceanic carbon cycle in the earliest Cambrian: High-resolution organic and inorganic carbon chemostratigraphy in the Three Gorges area, South China. *Precambrian Research*, 225, 190-208.
- (4) Tahata, M., Ueno, Y., Ishikawa, T., Sawaki, Y., Murakami, K., Han, J., Shu, D., Li, Y., Guo, J., Yoshida, N., Komiya, T., 2013. Carbon and oxygen isotope chemostratigraphies of the Yangtze platform, South China: Decoding temperature and environmental changes through the Ediacaran. *Gondwana Research*, 23, 333-353.
- (5) Yamada, K., Ueno, Y., Yamada, K., Komiya, T., Han, J., Shu, D., Yoshida, N., Maruyama, S., 2013. Molecular fossils extracted from the Early Cambrian section in the Three Gorges area, South China. *Gondwana Research*, in press.

[学会発表] (計 72 件)

- (1) Sano, Y., Toyoshima, K., Shirai, K., Takahata, N., Sato, T., Komiya, T., Ion Microprobe U-Pb Dating and Sr Isotope Measurement of a Protoconodont, Goldschmidt Conference 2013, Florence, Italy, 2013.
- (2) Komiya, T., Nakao, T., Uesugi, K., Han, J., Synchrotron X-ray micro-CT analyses of the early Cambrian microfossils: Decoding of the early evolution of Metazoa, Japan Geoscience Union Meeting 2013, Makuhari, Chiba, Japan, 2013.
- (3) Komiya, T., Han, J., Nakao, T., Uesugi, K., Hoshino, M., Synchrotron X-ray Micro-CT analyses of the Early Cambrian microfossils, 2012 GSA Annual meeting 44, Geological

Society of America Abstracts with Programs, Charlotte, North Carolina, USA, 2012, p. 325.

- (4) Komiya, T., Three steps evolution of multicellular animals, Japan Earth and Planetary Science Join Meeting, Makuhari, Japan, 2011, BPT022-013, 2011/2005/2024.
- (5) Igisu, M., Komiya, T., Nakashima, S., Ueno, Y., Maruyama, S., Infrared microspectroscopic characterization of Ediacaran microfossils from Doushantuo Formation, Weng'an area, Japan Earth and Planetary Science Join Meeting, Makuhari, Japan, 2011, BPT022-015, 2011/2005/2024.

[その他]

ホームページ等

<http://ea.c.u-tokyo.ac.jp/earth/Members/komiya.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小宮 剛 (KOMIYA TSUYOSHI)

東京大学・大学院総合文化研究科・准教授

研究者番号：30361786