

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：32682

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24740348

研究課題名(和文) パンサラッサ域における三畳紀/ジュラ紀境界事変への海洋生物の応答

研究課題名(英文) Response of marine organisms to the Triassic/Jurassic boundary event in the Panthalassa region

研究代表者

石田 直人 (Ishida, Naoto)

明治大学・研究・知財戦略機構・講師

研究者番号：20534746

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：三畳紀/ジュラ紀(T/J)境界は大西洋拡大に伴うCAMPの火成活動により大気・海洋環境が激変し、生物大量絶滅が発生した。本邦ではこれまで美濃帯遠洋相でのみT/J境界研究が進められてきたが、本研究では黒瀬川帯の陸棚周縁相、ジュラ紀付加体中の半遠洋相のT/J境界を明らかにした。半遠洋相では豊富に産する放散虫化石を用いて、CAMPから離れたパンサラッサ域でのイベント伝播の検出を試みた。その結果、T/J境界から上位でCanoptidae科が独占する特異な群集が得られた。この形成は、CAMPの活動に伴う急激な温暖化に誘発された付加体でのガスハイドレートの分解がひとつの要因に挙げられる。

研究成果の概要(英文)：The Triassic-Jurassic (T/J) boundary is famous for the mass extinction event due to the activity of CAMP (Central Atlantic Magmatic Province) volcanism. This study tried to detect influences of the event in the Panthalassa region. In the T/J transition of hemipelagic succession in the Hashirimizu Complex, which is one of the Early Jurassic accretionary complexes in Southwest Japan, anomalous low-diversified radiolarian assemblages were recovered. These assemblage mostly dominated by species belonging to the family Canoptidae are known as "Canoptum assemblage". The relationship between the activity of CAMP volcanism and the low-diversified assemblages is still unclear. Although there is no appropriate record for the regional occurrences of the Canoptum assemblage, one plausible cause of the low diversity is an inhibitor released from the accretionary complexes, such as dissociated methane hydrate, caused by an abrupt warming after the increase in CAMP volcanism.

研究分野：数物系科学

キーワード：三畳紀/ジュラ紀境界 生物大量絶滅 パンサラッサ 放散虫化石 マイクロCT 三次元形態解析

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 中生代三畳紀/ジュラ紀 (T/J) 境界期には、大西洋が本格的に拡大し始める際の洪水玄武岩噴出 (CAMP) に伴って大気・海洋環境が激変し、生物の大量絶滅現象が発生した。この大量絶滅は、地球史上の5大絶滅事変に数えられる程の規模であった。近年、地球温暖化が取りざたされ、大気中の CO<sub>2</sub> 濃度の上昇や海洋酸性化が注目されているが、T/J 境界期にも同様な現象が生じたと考えられている。すなわち、CAMP の大規模かつ短期間の火成活動に伴って大気中に放出された CO<sub>2</sub> により急激な温暖化が生じて陸上生物に影響を与え、次に大気中の CO<sub>2</sub> を吸収した海洋を酸性化させて海洋生物に影響を与えた、というシナリオである。この説に従えば、T/J 境界期の環境変化は大気において速やかに進行し、次に海洋に伝播する順序となり、全球的かつ急速に進行したことになる。



図1 T/J境界期の大陸分布。研究対象はパンサラッサの東縁に位置していた(大陸分布図: Blaukey, 2008)。

(2) T/J 境界の国際標準模式層断面及び地点 (GSSP) は 2010 年に西オーストラリアの Kuhjoch に確定した。これに先立って GSSP 候補地での研究の進展は著しく、今もなお新たなデータが蓄積され、T/J 境界イベントの理解が一気に進んだ。しかしながら、本邦においては T/J 境界研究は多くはない。その理由の第一は研究材料の少なさである。従来、本邦で知られていた T/J 境界層は、美濃帯付加体中の遠洋性層状チャートのみであった(これを遠洋相と呼ぶ)。この露頭は世界的にも稀なパンサラッサ域の遠洋相の連続層

序であり、微化石や化学的検討に基づく優れた研究成果が出され続けている。その一方で本邦では、多様な堆積環境における検討は望めなかった。

(3) 本研究では予察検討の段階で T/J 境界層を含む堆積物を見出し、従来の遠洋相とは異なる堆積環境で T/J 境界イベントを検討できる可能性を得た。そこで本研究ではこれに本格的に取り組み、地質・古生物学的検討を深めて T/J 境界研究への貢献を目指した。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究は、予察段階で検出した異なる堆積環境にある T/J 境界期の堆積物について、まず岩相層序・化石層序を研究し、年代の評価や堆積環境の特定をおこなう。これにより、多様な堆積環境下にある T/J 境界層について、研究材料として整備する。

(2) 次に化石群集や形態の変遷を時系列にたどり、大西洋の対極に位置していたパンサラッサ域での生物の応答について解明する。

(3) また、生物形態の時系列変化をたどるために、微小物体の3次元形状測定技術を応用し、微化石研究ツールとして確立することも本研究の目的とする。

## 3. 研究の方法

(1) 本研究で検討したのは、予察研究により T/J 境界を含むと予想された(a)黒瀬川帯整然相、および(b)前期ジュラ紀付加体中の岩塊である。(a)、(b)どちらも、予察研究を実施していた九州西部、熊本県八代地域を調査地域に設定した。これらの研究地域では、綿密な地表踏査を実施し、岩相層序や地質構造等、地質の基本事項を明らかにした。さらに化石の抽出を進めて年代層序を確立し、化石群集の変遷を時系列にたどった。

(2) 検討する化石として、(a)では二枚貝・放散虫、(b)では放散虫を用いた。いずれも先行研究での報告、予察検討での産出履歴がある分類群である。

(3) 3次元形状測定にはX線マイクロCT装置（摂南大学理工学部設置）を使用した。本研究では、放散虫殻をスキャンするための条件を求め、安定した撮影結果を得るために独自設計の部品を製作した。

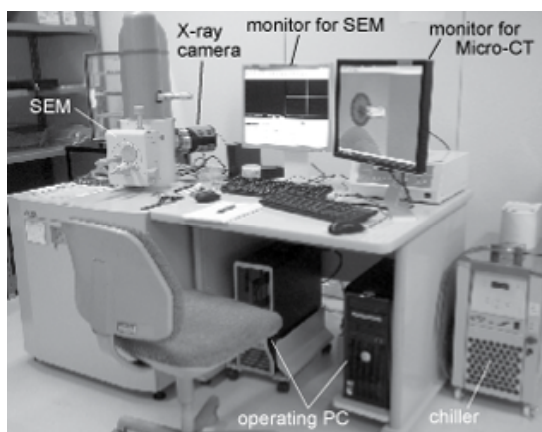


図2 本研究で使用したX線マイクロCT装置。

#### 4. 研究成果

(1) 黒瀬川帯の整然相のうち、ジュラ系坂本層は主にタービダイトから構成され、二枚貝化石および放散虫化石を産する等の特徴があり、陸棚斜面で堆積した海成層と考えられる（陸棚周縁相と呼ぶ）。三畳系鷹河内層を含めた年代は上部三畳系 Norian 階から下部ジュラ系 Pliensbachian 階まで確認されたが、T/J境界そのものは不整合の可能性がある。

(2) 前期ジュラ紀付加体走水コンプレックスに含まれる岩塊に、遠洋性層状チャートに始まり、珪質泥岩に移化するものを見出した。T/J境界は珪質泥岩中に存在し、その堆積環境は海溝海側縁辺の半遠洋域と考えられる（半遠洋相と呼ぶ）。この岩塊では上部三畳系 Carnian 階から最下部ジュラ系 Hettangian 階まで確認され、T/J境界を挟んで連続している可能性が高い。

(3) 陸棚周縁相からは二枚貝化石、放散虫化石が産した。二枚貝化石は三畳系、ジュラ系ともに得られたが、分類形質が不明瞭で属種の同定には至らなかった。二枚貝化石を用いた検討は今後の課題とする。放散虫化石は産出層準が少ないものの、年代決定には有効であった。陸棚周縁相の研究成果については既に論文として公表した（石田，2015）。

(4) 半遠洋相では、ジュラ紀最初期の放散虫化石は極めて多様性の低い群集構成からなることが判明した。これは、ほぼ単一のグループ（*Canoptidae* 科）によって占められ、そのほとんどが未記載種である。これは *Canoptum* 群集と呼ばれる。

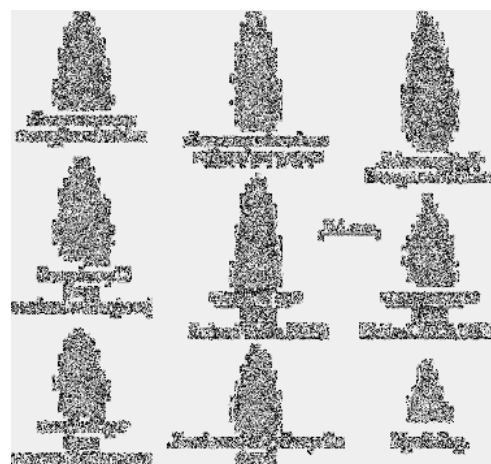


図3 半遠洋相から産した *Canoptum* 群集。

この低い多様性を示す群集は、日和見戦略を取るグループが、何らかの環境ストレスによってニッチを占有した可能性が高い。しかしながら、単に CAMP の影響が全球的に伝播して多様性の低い群集を形成したと結論することはできない。何故なら、先行研究の豊富な美濃帯遠洋相の T/J 境界にはこのような低多様性群集は知られておらず、また、黒瀬川帯の前期ジュラ紀放散虫化石群集にも報告例はない。つまり、この低多様性群集は CAMP に遠因を求めるにしても、何らか地域的な直接的要因によって形成されたと考えるべきである。

ここでは付加体周辺における海洋環境変動因子として、ガスハイドレートの分解を挙げる。ガスハイドレートの分解現象は、ペルム紀／三畳紀境界や、暁新世／始新世境界など、地球史上いくつかの大規模環境変動の要因とされている。CAMP の火成活動の開始から、*Canoptum* 群集形成までのシナリオは次の通りである。

CAMP の火成活動により、二酸化炭素が大気中に大量に放出され、これにより急激な温暖化が進行する。大気温暖化は海洋に伝播し、海水温が上昇、付加体に胚胎されていたガスハイドレートが分解し、主成分のメタンガスが海中へと放出される。メタンの微生物による分解による中層水の酸性化、堆積物に含まれていた硫化水素の海中への放出による底層水の生息条件の悪化等、海洋環境指標の悪化が考えられる。*Canoptidae* 科がこれの耐性を持つ、もしくは空いたニッチを素早く占有できれば、単一分類群の独占が可能になる。

(4) マイクロ CT 装置による放散虫化石殻の 3 次元形態解析では、数 100 nm という極めて高い空間分解能を達成した。この解像度をもってすれば、放散虫殻の形質全てを記録することが可能になり、研究手法として確立できたと判断し、論文として公表した (Ishida et al., 2015)。

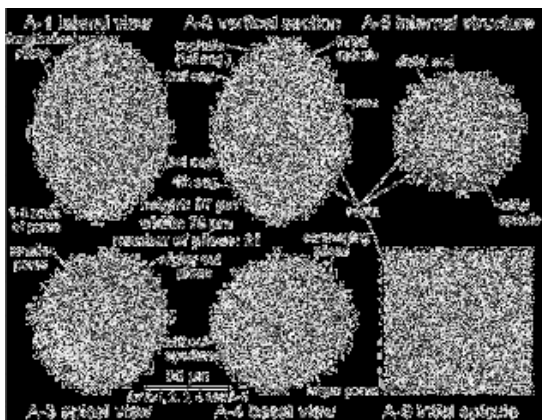


図4 マイクロ CT による放散虫スキャン事例 (Ishida et al., 2015 を改変)。

先行研究では、T/J 境界を境に三畳紀型の放散虫が消滅し、ジュラ紀型へと入れ替わる際、*Pantanellium* 属の spine (棘) の形状の変化が報告されている。本研究では *Pantanellium* 属の spine 形状の定量化を目的に、実用化したマイクロ CT 装置を起用する予定であった。しかしながら、先述の通り低多様化した群集には *Pantanellium* 属がほとんど含まれなかったため、今後の検討とする。

#### <引用文献>

- ① Blanke, 2008, <http://jan.ucc.nau.edu/~rcb7/200moll.jpg>.
- ② 石田 直人, 2015, 九州西部の黒瀬川帯下部ジュラ系：熊本県坂本地域の渋利帯から産したジュラ紀古世放散虫化石の意義。地質学雑誌, Vol. 121, 45–58.
- ③ Ishida, N., Kishimoto, N., Matsuoka, A., Kimoto, K., Kurihara, T., Yoshino, T., 2015, Three-dimensional imaging of the Jurassic radiolarian *Protunuma* (?) *ochiensis* Matsuoka: an experimental study using high-resolution X-ray micro-computed tomography. *Volumina Jurassica*, Vol. 13, 77–82.

#### 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 2 件)

- ① Ishida, N., Kishimoto, N., Matsuoka, A., Kimoto, K., Kurihara, T., Yoshino, T., Three-dimensional imaging of the Jurassic radiolarian *Protunuma* (?) *ochiensis* Matsuoka: an experimental study using high-resolution X-ray micro-computed tomography. *Volumina Jurassica*, 査読有, Vol. 13, No. 1, 2015, 77–82.

DOI: 10.5604/17313708.1148661

② 石田 直人, 九州西部の黒瀬川帯下部ジュラ系: 熊本県坂本地域の渋利帯から産したジュラ紀古世放散虫化石の意義. 地質学雑誌, 査読有, Vol. 121, No. 2, 2015, 45-58. DOI: 10.5575/geosci.2014.0009

[学会発表] (計 6 件)

① Ishida, N., Low-diversified earliest Jurassic (Hettangian) radiolarian assemblages from the Hashirimizu Complex in the Outer zone of Southwest Japan. The 14th Meeting of the International Association of Radiolarian Paleontologists, 2015年3月26日, Antalya (Turkey)

② 石田 直人, 日本産ジュラ紀最前期放散虫化石群集の特性. 日本地質学会第 121 年学術大会, 2014 年 9 月 13 日, 鹿児島大学 (鹿児島県・鹿児島市)

③ Ishida, N., Kishimoto, N., Matsuoka, A., Kimoto, K., Kurihara, T., Yoshino, T., Microfossil research using 3D imaging technology: an experimental study of radiolarians using X-ray micro-computed tomography. The 9th International Congress on the Jurassic system, 2014年1月8日, Jaipur (India)

④ 石田 直人・岸本 直子・松岡 篤・栗原 敏之・木元 克典・吉野 隆, 3D イメージング技術による放散虫研究の現状. 日本地質学会第 120 年学術大会, 2013 年 9 月 16 日, 東北大学 (宮城県・仙台市)

⑤ 石田 直人・岸本 直子・松岡 篤・栗原 敏之・木元 克典・吉野 隆・松浦 執, 3D イメージング技術による放散虫研究. 日

本古生物学会 2013 年例会, 2013 年 6 月 29 日, 熊本大学 (熊本県・熊本市)

⑥ 石田 直人・岸本 直子・松岡 篤・栗原 敏之・木元 克典・吉野 隆・松浦 執, 3D イメージング技術によるプランクトン殻の微細構造. 第 75 回形の科学シンポジウム, 2013 年 6 月 23 日, 糸魚川フォッサマグナミュージアム (新潟県・糸魚川市)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

石田 直人 (Naoto Ishida)

明治大学・研究・知財戦略機構・講師

研究者番号: 20534746

##### (2) 研究分担者

なし

##### (3) 研究連携者

なし

##### (4) 研究協力者

岸本 直子 (Naoko Kishimoto)

摂南大学理工学部・准教授

研究者番号: 60450714