

研究成果報告書（第26回学術研究助成）

2019年 4月 4日

公益財団法人 藤原ナチュラルヒストリー振興財団

理事長 野村 茂樹 殿

所属機関名 千葉大学教育学部理科教育講座

職 名 特任助教

氏 名 泉 賢太郎

1. 研究課題

豊浦層群及び来馬層群に記録されたジュラ紀前期温暖化時の海洋酸化還元状態の復元

2. 共同研究者

乾 睦子（国土館大学理工学部 教授 / 一部野外調査、SEM観察、ディスカッション）

熊谷 菜美（国土館大学理工学部 卒 / 一部野外調査、SEM観察、ディスカッション）

3. 研究報告

I. 研究の目的

ジュラ紀前期（約1億8300万年前）には大規模火山活動に伴う温暖化が進行し、様々な環境変動や生物大量絶滅が地球規模で発生した。当時の大気中二酸化炭素濃度は約1200 ppmに達したと見積もられており（McElwain et al., 2005）、これはIPCC（気候変動に関する政府間パネル）の将来予測の中で、温室効果ガス排出の対策をしないシナリオにおける2100年時点の二酸化炭素濃度（1000 ppm）と同程度の値である。そのため、ジュラ紀前期の古環境研究は、温暖化の将来影響を予測する際の重要なレファレンスデータを提供することに繋がり、学術的にも社会的にも意義深い。

ジュラ紀前期の古環境研究の大半は、主に欧州地域に分布している地層に基づくものである。特に、温暖化によって引き起こされる海洋無酸素化は海洋生態系に悪影響を及ぼすため、重点的に研究されている（Pearce et al., 2008; Morten & Twitchett, 2009）。しかし、欧州の地層は比較的ローカルな海域で堆積した地層であり、当時最大の海域（＝超海洋パンサラッサ）からの古環境記録は乏しい。

日本の下部ジュラ系浅海層はパンサラッサ海の北西沿岸部で堆積したものであるため、ジュラ紀前期の古環境変動の実態を全球規模で解明するための重要なデータを提供できる。本研究では、国内の代表的な下部ジュラ系浅海層である豊浦層群と来馬層群を対象として、野外調査と地層試料の室内分析を組み合わせることで、北西パンサラッサ海における海洋酸化還元状態と、その時間変遷パターンを解明することを目的とする。

II. 研究の方法

山口県下関市において豊浦層群西中山層、富山県朝日町において来馬層群の野外地質調査を実施し、ルートマップや岩相柱状図を作成した。また、現場においては、その後の室内分析のための泥岩サンプルを複数層準から採取した。

ただし来馬層群の調査については、台風の影響で山道が崩壊し、予定していた範囲の大部分で調査が困難であったため、当初の予定よりも大幅に日程を短縮し、泥岩サンプルの量も極

めて少なくなりました。

両層群から採取した泥岩サンプルは、堆積構造を観察するために、実験室内において薄片を作成した。また、底層水における酸化還元状態を復元するために、豊浦層群西中山層産の泥岩サンプルの一部については、有機炭素含有量と有機炭素同位体比を測定した。なお有機物分析については、研究代表者及び共同研究者の実験室設備で測定することができないため、外部機関（株式会社地球科学研究所）に測定を委託した。さらに、海洋水塊中の酸化還元状態を復元するために、豊浦層群西中山層産の泥岩サンプルの一部については、フランボイダル黄鉄鉱のサイズ分布を計測を行った。計測に際しては、国土舘大学理工学部所有の走査型電子顕微鏡を使用した。

III. 研究結果

泥岩サンプルの薄片観察の結果、豊浦層群西中山層の泥岩は、多様な岩相を示すことが分かった。具体的には、葉理の発達した泥岩が卓越しているものの、層準によっては生物擾乱が発達した泥岩も存在した。また、thin-beddedと呼ばれる、複数の異なる薄層が積層しているような岩相も観察された。来馬層群の泥岩は、生物擾乱の発達したものが多かったが、上述の通り、採取したサンプル数が少ないため、系統的に考察を行うことは難しいと判断した。

また本研究では、豊浦層群西中山層の泥岩8サンプルについて有機物分析を実施した。その結果、有機炭素含有量は概して高く、1.30~2.11 wt.%であった。有機炭素同位体比については、-22.9~-23.6 ‰を示した。

さらに本研究では、豊浦層群西中山層の泥岩5サンプルについてフランボイダル黄鉄鉱のサイズ分布の計測を実施した。その結果、フランボイダル黄鉄鉱の平均直径は4.78~6.04 μmであった。

IV. 考察

ここでは、特に豊浦層群西中山層の泥岩サンプルの観察・分析結果について、先行研究によるデータも併せて、総合的に考察する。

本研究によって観察された豊浦層群西中山層の泥岩の岩相は、いずれも先行研究による報告 (Izumi et al., 2018a) と整合的である。葉理の発達した泥岩は、当時の海底堆積物中に底生生物が存在していなかったことを示しているため、海洋底層水が還元的であったことが示唆される。一方で生物擾乱が発達した泥岩は、当時の海洋底層水が酸化的であったことを示唆する。豊浦層群西中山層の調査範囲内において、いずれの岩相の泥岩も産出することから、底層水の酸化還元状態は酸化的な状態と還元的な状態が繰り返していたことが示唆される。また、thin-beddedと呼ばれる岩相については、底層流の存在を示唆している。先行研究の結果 (Izumi et al., 2018a) も併せて考察すると、thin-beddedな泥岩は、豊浦層群西中山層の特に中部層準において卓越する傾向がある。このことから、豊浦層群西中山層の中部層準においては、その当時の海洋底層水では底層流が頻繁に発生しており、底層流によって溶存酸素が底層水に供給されていた可能性が想定される。

また、有機物炭素含有量及び有機炭素同位体比の測定結果についても、層準によってばらつきはあるものの、先行研究による分析値の範囲 (Kemp & Izumi, 2014; Izumi et al., 2018a, b) と整合的である。

フランボイダル黄鉄鉱のサイズ分布については、少なくとも今回得られたデータに基づけば、層準ごとに系統的に変化しているように見受けられる。特に豊浦層群西中山層の中部層準においては、フランボイダル黄鉄鉱の平均直径・標準偏差ともに小さい値を示した。先行研究に基づく (Wilkin et al., 1996; Bond et al., 2004など)、フランボイダル黄鉄鉱の平均直径が約6 μm、標準偏差が約2 μm以下である場合、海洋中に還元的な水塊が発達していたということが想定される。この基準に基づき、本研究のデータを解釈すると、豊浦層群西中山層の中部層準においては、海洋中に還元的な水塊が発達していたことが分かった。このことは、先行研究による知見 (Izumi et al., 2018b) とも整合的である。

先行研究によると、豊浦層群西中山層の中部層準は、ジュラ紀前期の大規模な温暖化の時代と一致する。したがって、本研究の成果 (+先行研究のデータ) によって、超海洋パンサラ

ッサ海の北西沿岸域に位置していた豊浦層群西中山層の堆積盆 (Izumi et al., in press) においては、ジュラ紀前期の大規模温暖化が発生した際に、海洋が還元的な状態に移行していたことが示唆された。

引用文献

- Bond et al. (2004). Geological Magazine, vol. 141, pp. 173-193.
Izumi et al. (2018a). Earth and Planetary Science Letters, vol. 481, pp. 162-170.
Izumi et al. (2018b). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, vol. 493, pp. 1-10.
Izumi et al. (in press). Geological Journal, vol. xxx, pp. xxx-xxx.
Kemp & Izumi (2014). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, vol. 414, pp. 332-341.
Wilkin et al. (1996). Geochimica et Cosmochimica Acta, vol. 61, pp. 323-339.

V. 成果発表

今年度 (2018年度) は、本研究の成果の一部、及び本研究の直接の成果ではないものの関連する成果の一部 (本研究の野外調査で得られた泥岩サンプルの別分析の結果 等) を、学術誌上に公表したので、ここに記載する。なお、研究代表者には下線を付した。

Breeden, B.T. III, Izumi, K., 2019. A review of the vertebrate fossil assemblage from the Lower Jurassic Nishinakayama Formation in the Ishimachi district of Toyota Town, Yamaguchi Prefecture, Japan. Bull. Firefly Museum of Toyota Town, vol. 11, pp. 9-23.

Izumi, K., Kemp, D.B., Breeden, B.T. III., 2019. The Nishinakayama Formation (Toyora Group) exposed along the Era River revisited: Preliminary report on recent outcrop condition and lithology. Bull. Firefly Museum of Toyota Town, vol. 11, pp. 25-35.

北畠京祐, 泉 賢太郎, 大越健嗣, 2019. 山口県下関市の下部ジュラ系豊浦層群西中山層から産出する生痕化石 *Phycosiphon* の層位変化. 豊田ホタルの里ミュージアム研究報告書, 第11号, 37-44頁.

VI. 今後の課題

豊浦層群については、特に海洋水塊中の酸化還元状態の復元の重要ツールであるフランボイダル黄鉄鉱に関するデータを、今後さらに拡充させていくことが望まれる。

また、来馬層群については、安全に野外調査を実施できるような状態が回復し次第、さらなる地質調査によって追加泥岩サンプルを採取し、岩相観察、有機物分析、フランボイダル黄鉄鉱の計測を実施していく必要がある。

最後になりましたが、本研究を実施するに当たり、公益財団法人藤原ナチュラルヒストリー振興財団から助成いただいた「第26回学術研究助成金」を使用いたしました。ここに深く感謝申し上げます。

共同研究者の御二人には、本研究を遂行するに当たり有意義なディスカッションをしていただきました。また、岩石薄片の作成に際しては、研究代表者の研究室所属学生にご協力いただきました。これらの方々に対しても、この場を借りて深く御礼申し上げます。