

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：82626

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2022

課題番号：19K23470

研究課題名（和文）深海堆積岩に記録された古生代から中生代における海洋シリカ循環の変遷

研究課題名（英文）The ocean silica cycle recorded in Paleozoic to Mesozoic deep-sea sedimentary rocks

研究代表者

武藤 俊（Muto, Shun）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・研究員

研究者番号：80849951

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、過去の大洋の深海底に堆積した珪素の記録を復元するために、約3億から2.5億年前に深海で堆積した地層を形成する岩石の特徴を調査した。地層から示準化石（コノドント化石）を検出し、既存の年代と化石の種類の対応関係から地層の年代を決定した。その結果、3.1億年前から1.5億年前ごろまで、大洋の遠洋域では概ね珪素に富むチャートが堆積していたことを確認した。一方、調査した地点では3億年前から2.8億年前ごろにかけては、局所的な細粒粘土粒子の流入により特異的に粘土質な岩石が堆積したことが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在までの大洋の深海底の堆積岩層の研究は主に2.5億年前以降を対象としており、それ以前の時代の地層については岩石の特徴についても断片的な研究成果が多かった。本研究では3.1億年前から2.5億年前の地層がそれ以降と同様の堆積作用で形成されていたことを示唆する。一方、大洋の深海地層は一般的に局所的な影響を受けにくいとされるが、一部の地層では局所的な影響も反映しており、近接する地点の同時代の堆積岩層を比較することでそれを読み取れることを示した。

研究成果の概要（英文）：In order to reconstruct the record of silica deposited on the deep-sea floor of the past superocean, this study investigated the lithology of rocks forming the strata that were deposited in the deep sea about 300 to 250 million years ago. Index fossils (conodonts) were detected from the strata and the age of the strata was determined based on the known correspondence between geological age and fossil types. It was shown that rocks deposited in the pelagic zone of the superocean from 310 million to 150 million years ago are mostly composed of silica-rich chert. On the other hand, anomalously clay-rich rocks were deposited around 300 to 280 million years ago due to local influx of fine-grained clay particles at the studied sites.

研究分野：地質学

キーワード：深海堆積岩 超海洋パンサラッサ コノドント チャート 石炭紀 ペルム紀

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

海洋の溶存シリカは、地殻の珪酸塩鉱物が炭酸により分解される珪酸塩風化(約 90%)と熱水活動(約 10%)により供給され、主に海生生物の骨格として堆積物中へ埋没する。海洋の主なシリカの堆積場は、現在は沿岸域や高緯度海域だが、中生代には低緯度遠洋域であった。この違いは、中生代と現在では主な海水中の溶存シリカの利用者がそれぞれ放射虫と珪藻であり異なっていることと、中生代は極域に氷床が無かったのに対し、現在は極域に氷床や海水が存在している、高緯度域で海水の鉛直混合による栄養塩供給が活発であることの二つに由来する。すなわち、中生代から現在にかけて生物源シリカの埋没様式は気候と生命進化両方の要因を受けて大きく変わっている。さらに古い時代の古生代では、中生代と同じく珪藻が主な珪質骨格生産者でない一方、古生代後期には氷床が南半球高緯度に発達した氷河時代があり、現在や中生代とはまた異なるシリカ循環のレジームがあったことが想像される。

中生代については、当時の超海洋遠洋域深海底で堆積した珪質堆積物の記録などから海洋のシリカの堆積史の復元が試みられている。中生代前期の低緯度遠洋域に関しては、生物源シリカ埋没フラックス変動は溶存シリカの供給源である陸域風化に駆動されていたとされている。これに対し、古生代のシリカの堆積史は定量的に調べられていない。これは、古生代の超海洋遠洋域深海の珪質堆積岩記録が断片的にしか明らかにされていないことに起因する。

2. 研究の目的

古生代後半から中生代前半(約 3.3 から 1.7 億年前)にかけての海洋の溶存シリカの主要な堆積場である遠洋域深海におけるシリカ堆積史の復元に向けて、理解が遅れている古生代後半の堆積物層序記録を明らかにすることを目的とした。当初はさらにこの堆積岩の主要元素組成を測定してシリカのフラックスを推定することを目標としていたが、研究を進める中で堆積物層序記録の精密な検討が現時点での最重要課題であることが判明したため、方針をやや変更した。

3. 研究の方法

北上山地北部に分布する古生代後半から中生代前半に超海洋の遠洋域で堆積した深海堆積岩層を対象とした。超海洋遠洋域で堆積した深海堆積岩のうち、年代が確認されているものの大部分は中生代のものであり、古生代部分は例が少ない上に長い年代を連続的に精査した研究例はない。研究対象とした地点では、貴重な古生代後半の 3.3 億年前から 2.5 億年前の地層をおおむね連続的に観察できる。堆積岩から示準化石となるコノドント化石を見出し、大陸縁辺の海成堆積岩層で確立されているコノドントの産出層位と数値年代の関係を基に、対象としている遠洋域深海堆積岩層の年代モデルを構築した。コノドント化石は、従来珪質堆積岩に対して用いられてきた、フッ化水素酸を用いて化石を抽出する方法のほか、最近開発した、マイクロフォーカス X 線 CT を用いて岩石中の化石を直接観察する方法 Muto et al. (2021)を用いた。

4. 研究成果

本研究では、北上山地北部に位置する岩手県下閉伊郡岩泉町の大越沢と大鳥の 2 地点で検討を行った。両地点ではコノドント化石の散点的な報告がなされていたが永広ほか(2008)、堆積物層序や化石標本の図示がされていなかった。本研究では両地点において詳細に地層の累重関係を観察し、保存されている堆積物層序を復元した。また、マイクロフォーカス X 線 CT を用いた新手法も取り入れることで、大幅に化石産出層準を増やすことができた。

大越沢の地点では、検討した中では最も古い年代である石炭紀後期モスコビアン期(3.3 億年前)から、ペルム紀前期アーティンスキアン期(約 2.8 億年前)に至る年代の堆積物層序を復元した。ここでは、年代層序において重要な基準面である石炭紀 - ペルム紀境界をコノドント化石層序により認識した(Muto et al., 2023)。超海洋遠洋域に堆積した深海堆積岩層から石炭紀 - ペルム紀境界を精度良く検出したのは初めての例となる。大越沢の地点においては、遠洋域深海堆積岩に最も普遍的に見られる珪質度の高いチャートのほか、石炭紀 - ペルム紀境界をまたぐ区間(石炭紀末期グゼリアン期からペルム紀初期アッセリアン期)に堆積した地層は緑色および赤色の粘土岩からなることが分かった。

大鳥の地点では、大越沢と同様最も古い部分の年代は石炭紀後期モスコビアン期であり、最も新しい部分はペルム紀末(約 2.5 億年前)であることを確認した。大越沢の地点と異なり、石炭紀 - ペルム紀境界については地層の露出や断層などによる変形のため、詳細な境界の位置を確認することはできなかった。一方、ペルム紀については大越沢と比べてより完全な層序記録を復元

することができた。大鳥でも、大越沢と同じく堆積岩層の構成要素はチャートと緑色および赤色粘土岩であったが、岩相層序は大越沢とは異なっていた。大鳥では、石炭期末期に堆積した地層が緑色粘土岩であった点は大越沢と共通するが、赤色粘土岩の年代がペルム紀前期のクングリアン期まで伸び、チャートは主にペルム紀中期ローディアン期以降の堆積岩層に見られた。

大越沢と大鳥の堆積岩層序を比較すると、後者で赤色粘土岩からチャートへ岩相が変化する時期が2千万年近く遅いことになる。一方、遠洋域深海堆積岩の岩相は一般的に広範囲でほぼ同じであることが知られており、大越沢と大鳥のように同じ地域内で千万年にわたって顕著な違いが見られるケースは前例がない。ここで問題となる赤色粘土岩を構成する粒子は極めて細粒な粘土鉱物であるが、現在の海洋ではこのような鉱物粒子は主に風成塵として遠洋域深海へもたらされている。しかし、大越沢と大鳥のような近い堆積場で2千万年に渡り風成塵の供給量が異なる事態は考えにくい。そこで、両地点の岩相の違いは、おそらく海山などのからの、局所的な細粒碎屑物の流入源があり、大鳥の地点の方が長期間その影響を受け続けたことに起因すると推察される。

一般的に遠洋域深海の堆積物は広範囲で類似した特徴を示すため、遠洋域深海堆積岩層の研究においては一地点の検討結果が遠洋域の広範囲を反映するものとして外挿されることが多く、局所的な堆積岩の差異について検討した例はほとんどない。本研究では、一部では局所的な細粒碎屑物による岩相の違いが存在することを示し、広域あるいは全球的な物質循環の議論を行うにはこのような現象の議論を踏まえるべきであることを明らかにした。

文献：

永広昌之・山北 聡・高橋 聡・鈴木紀毅 (Ehiro, M., Yamakita, S., Takahashi, S. and Suzuki, N.), 2008, 安家-久慈地域の北部北上帯ジュラ紀付加体. 地質雑 (Jour. Geol. Soc. Japan), 114 補遺, 121-139.

Muto, S., Yagyu, S., Takahashi, S., & Murayama, M. (2021). Identification of conodont fossils in pelagic deep sea siliceous sedimentary rocks using laboratory based X ray computed microtomography. *Lethaia*, 54(5), 687-699.

Muto, S., Takahashi, S., & Murayama, M. (2023). Conodont biostratigraphy of a Carboniferous-Permian boundary section in siliceous successions of pelagic Panthalassa revealed by X-ray computed microtomography. *Front. Earth Sci.*, doi: 10.3389/feart.2023.1162023

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Muto Shun, Takahashi Satoshi, Murayama Masafumi	4. 巻 11
2. 論文標題 Conodont biostratigraphy of a Carboniferous-Permian boundary section in siliceous successions of pelagic Panthalassa revealed by X-ray computed microtomography	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Earth Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/feart.2023.1162023	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Muto Shun, Takahashi Satoshi, Yamakita Satoshi	4. 巻 32
2. 論文標題 Elevated sedimentation of clastic matter in pelagic Panthalassa during the early Olenekian	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Island Arc	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/iar.12485	査読の有無 有
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 Muto Shun, Takahashi Satoshi, Yamakita Satoshi, Onoue Tetsuji	4. 巻 195
2. 論文標題 Scarcity of chert in upper Lower Triassic Panthalassic deep-sea successions of Japan records elevated clastic inputs rather than depressed biogenic silica burial flux following the end-Permian extinction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Global and Planetary Change	6. 最初と最後の頁 103330 ~ 103330
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.gloplacha.2020.103330	査読の有無 有
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4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Muto Shun, Takahashi Satoshi, Murayama Masafumi
2. 発表標題 Cisuralian to Guadalupian (early to middle Permian) conodonts from a deep-sea siliceous succession in the Jurassic accretionary complex of Northeast Japan: implications on conodont biofacies of pelagic Panthalassa
3. 学会等名 2022 Pander Society Fifth International Conodont Symposium (ICOS5) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武藤俊, 高橋聡, 村山雅史
2. 発表標題 東北日本ジュラ紀付加体中の遠洋深海堆積岩層における石炭紀 - ペルム紀境界
3. 学会等名 日本地質学会第129年学術大会 東京・早稲田大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武藤俊, 高橋聡, 村山雅史
2. 発表標題 北部北上帯中のパンサラッサ遠洋深海地層における石炭系 - ペルム系境界
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 武藤俊, 伊藤剛
2. 発表標題 北部北上帯北東部大鳥ユニットの岩相・地質構造・付加年代
3. 学会等名 日本地質学会第128年学術大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------