

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K14596

研究課題名（和文）データ解析を用いた超海洋無酸素事変における地球システム変動の解明

研究課題名（英文）Earth system changes across Superanoxia decoded by statistical analyses

研究代表者

曾田 勝仁（Soda, Katsuhito）

九州大学・理学研究院・学術研究員

研究者番号：40850459

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：遠洋深海堆積岩は多様な起源物質の複雑な混合によって構成されるため、単純な解釈が不可能である。そこで本研究では、遠洋深海堆積岩の化学分析に加えてデータ解析を組み込むことによって、超海洋無酸素事変における地球環境変動の解明を目指す。また微化石-炭素同位体層序を確立し、高解像度年代モデルを確立した。これらをデータ解析によって統合し、超海洋無酸素事変における地球環境変動を解明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超海洋無酸素事変における古環境復元では、データ間の対比・統合が適切ではないのが現状である。遠洋深海堆積岩はグローバルな環境変動を反映しやすい一方、多様で複雑な起源を示すため総合的な解釈が通用しない。本研究ではその特徴を逆手に取り、データ解析を駆使することで、各起源物質を一度に分離・抽出することが可能である。そのため本研究は、超海洋無酸素事変における地球システム変動を解明する寄与するデータセットを世界に向けて発信できる。

研究成果の概要（英文）：Deep-sea pelagic sedimentary rocks are composed of a complex mixture of various source materials, which makes simple interpretation impossible. In this study, we aim to decode the Earth system changes across the Superanoxia by geochemical data analysis of deep-sea pelagic sedimentary rocks. We have also established a microfossil-carbon isotope stratigraphy and a high-resolution age model. These are integrated by data analysis to decode the Earth system changes across the Superanoxia.

研究分野：地質学

キーワード：地質学

1. 研究開始当初の背景

ペルム紀末の大量絶滅では生態系の回復に中期三畳紀までの数百万年間を要しており、その原因の1つとして超海洋無酸素事変 (Isozaki, 1997, Science) の発生が考えられている。この時期にかけて古生代型生物群から現代型生物群へ移行するため、当時の地球システムに関する議論は現在の生態系の進化的起源や成立過程を探る上で極めて重要である。(Chen and Benton, 2012, Nat. Geosci.)。

一般に遠洋深海堆積物は、浮遊性微化石を産出し擾乱の少ない岩相を示すことからグローバルな環境変動を解読する上で最適であるため (Hinnov and Ogg, 2007, Strati.), 日本の付加体の遠洋深海堆積岩は年代軸や古環境記録として国際標準になりうる。しかし超海洋無酸素事変の古環境復元は、欧米や中国といったテチス海の閉鎖的な堆積盆の研究に基づくもので、日本のパンサラッサ海遠洋深海相を示す付加体堆積岩の研究は重視されていない。

2. 研究の目的

本研究では、多様な起源物質 (陸源, 生物源, 海水起源, 火山起源, 熱水起源, 宇宙起源) を内包する遠洋深海堆積岩に対して、データ解析を用いた古環境情報の統合によって、超海洋無酸素事変における地球システム変動の解明を目的とする。

3. 研究の方法

ペルム系～中部三畳系遠洋深海堆積岩に対して、蛍光 X 線分析と誘導結合プラズマ質量分析装置を用いることで、地球化学データセットを構築する。

微化石-炭素同位体層序を確立し、多数の放射年代値が挿入された欧米や中国のデータと国際対比を行うことで、高解像度年代モデルを作成する。

以上のデータを統計解析によって統合し、遠洋深海堆積岩に記録された超海洋無酸素事変における地球システム変動を解明する。

4. 研究成果

愛知県や岐阜県において詳細な野外地質調査を行い、実測柱状図を作成した。サンプリングした岩石について数十試料を粉碎して粉末試料を作成し、地球化学分析と多変量統計解析を行った。その結果、モリブデンやウランなどの酸化還元状態に鋭敏な元素の濃集が認められ、ペルム紀から三畳紀における海洋酸化還元状態の変動パターンを大まかに把握することができた。また、粘土鉱物の組成変動もペルム紀から三畳紀にかけて認められ、当時の気候変動とりわけ地球温暖化の影響があったと考えられる。

詳細な野外地質調査の過程で、研究計画当初よりも、さらに層序記録を延長できる可能性のある露頭を発見することができ、今後の研究において重要なセクションと思われるため、引き続き詳細な野外地質調査を行っていく予定である。

また共同研究によって、浅海域の三畳紀/ジュラ紀境界の研究も並行して進めていくことが可能となり、当時無酸素海洋が発達していた可能性があることが判明しつつある。これは本研究の対象としている海洋無酸素事変にとっても今後重要な知見をもたらすものであると思われる。

様々なセクションにおいて露頭のマッピングや実測柱状図を作成することで、層序対比なども可能になったため、先行研究とは大きく異なり、数十メートル以上に及ぶ統合した連続層序を確立することができた。今後は、サンプリングした岩石試料の分析を行うことで、堆積年代や古環境を詳細に明らかにしていく予定である。

申請者が初めて発見した美濃帯の完全連続な下部～中部三畳系は、特異な酸化還元状態や堆積サイクルで特徴付けられる。

特異な酸化還元状態に関しては、有機物に富む黒色頁岩の挟在区間から、桁レベルで異常な回数の海洋無酸素事変が示唆された。本地域の岩相の色調 (赤, 黒, 灰色) は酸化鉄や有機物などに起因するため酸化還元指標として周期解析を行ったところ、数 cm～10 数 m の酸化還元サイクルが有意に検出された。

また堆積サイクルに関して、オレネキアンではチャート/珪質粘土岩互層数百組以上の堆積が確

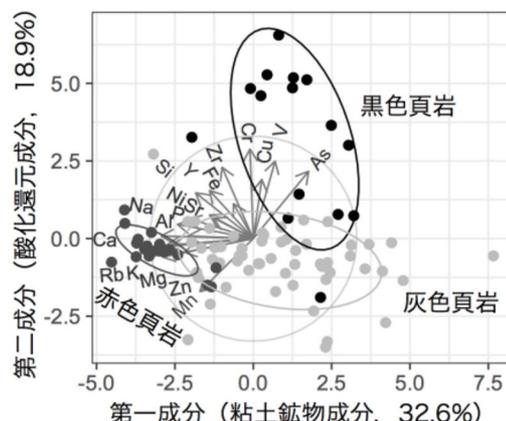


図1. 化学組成の多変量統計解析

認められ、仮に全オレネキアン約 350 万年間に堆積したとすると、チャート/頁岩互層 1 組を 2 万年の歳差運動周期と仮定してきた美濃帯の三畳～ジュラ系層状チャートより明らかに小さくなった。

以上のように申請者が改訂した下部～中部三畳系遠洋深海堆積岩には海洋酸化還元状態、生物生産、気候変動などの顕著な環境変動が記録されており、データの大きな分散を取り扱うデータ解析にとって好都合であった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Onoue Tetsuji, Michal?k Jozef, Shirozu Hideko, Yamashita Misa, Yamashita Katsuyuki, Kusaka Soichiro, Soda Katsuhito	4. 巻 594
2. 論文標題 Extreme continental weathering in the northwestern Tethys during the end-Triassic mass extinction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology	6. 最初と最後の頁 110934 ~ 110934
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.palaeo.2022.110934	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 該当する

1. 著者名 Onoue Tetsuji, Soda Katsuhito, Isozaki Yukio	4. 巻 8
2. 論文標題 Development of Deep-Sea Anoxia in Panthalassa During the Lopingian (Late Permian): Insights From Redox-Sensitive Elements and Multivariate Analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Earth Science	6. 最初と最後の頁 613126
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/feart.2020.613126	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10件（うち招待講演 0件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 曾田勝仁, 富松由希, 尾上哲治, 池原 実
2. 発表標題 美濃帯の三畳紀/ジュラ紀境界における連続層序の改訂と古環境復元
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 尾上哲治, Michalik Josef, 白水秀子, 山下美沙, 山下勝行, 日下宗一郎, 曾田勝仁
2. 発表標題 Extreme continental weathering in the northwestern Tethys during the Triassic-Jurassic transition
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 曾田 勝仁, 尾上 哲治
2. 発表標題 後期三疊紀Carnian Pluvial Episodeにおけるパンサラッサ遠洋深海域での古海洋環境変動の復元
3. 学会等名 日本地質学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 尾上 哲治, 高畑 直人, 曾田 勝仁, 佐野 有司, 磯崎 行雄
2. 発表標題 ペルム紀/三疊紀境界における地球外 ³ He流入量の変動: 地球科学と惑星科学の境界領域開拓を目指して
3. 学会等名 日本地質学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Katsuhito Soda, Yuki Tomimatsu, Tetsuji Onoue, Minoru Ikehara
2. 発表標題 Paleoenvironmental reconstruction based on the revised continuous stratigraphy across the Triassic-Jurassic boundary in the Mino Belt, central Japan
3. 学会等名 Goldschmidt Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Manuel Rigo, Tetsuji Onoue, Honami Sato, Yuki Tomimatsu, Katsuhito Soda, Linda Godfrey, Miriam Katz, Hamish J. Campbell, Lydia Tackett, Martyn Golding, Jerry Lei, Jon Husson, Matteo Maron, Sara Satolli, Mariachiara Zaffani, Giuseppe Concheri, Angela Bertinelli, Marco Chiari, Lawrence Tanner
2. 発表標題 Biotic extinction at the Norian/Rhaetian boundary (Upper Triassic): geochemical and isotope evidence of a previously unrecognised global event
3. 学会等名 Goldschmidt Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tetsuji Onoue, Jozef Michalk, Hideko Shirozu, Misa Yamashita, Katsuyuki Yamashita, Soichiro Kusaka, Katsuhito Soda
2. 発表標題 Enhanced continental weathering in the NW Tethys during the end-Triassic mass extinction
3. 学会等名 Goldschmidt Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 曾田勝仁・富松由希・山下大輔・尾上哲治・池原 実
2. 発表標題 美濃帯における三畳紀/ジュラ紀境界層の再検討
3. 学会等名 地質学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 尾上哲治・J. Michalik・白水秀子・山下勝行・山下美沙・川上高平・日下宗一郎・曾田勝仁
2. 発表標題 テチス海北西部における大陸風化の増加と三畳紀末大量絶滅
3. 学会等名 地質学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Onoue, T., Yamasaki, K., Tomimatsu, Y., Yixing, D., Yamashita, D., Soda, K., and Manuel, R.
2. 発表標題 Upper Triassic (Rhaetian) conodont biostratigraphy of the Panthalassa Ocean and the final extinction of conodonts at the end-Triassic
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020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
---------	---------