

平成21年 6月30日現在

研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19740321
 研究課題名(和文) 堆積岩の鉛同位体組成からみたオントンジャワ海台火成活動と海洋無酸素
 事変の関連
 研究課題名(英文) Causal linkage between massive magmatism of Ontong Java Plateau
 and Oceanic Anoxic Events based on Pb isotopic records
 研究代表者
 黒田 潤一郎 (KURODA JUNICHIRO)
 独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部変動研究センター・研究員
 研究者番号：10435836

研究成果の概要：

本研究は、前期白亜紀に起きた海洋無酸素事変 OAE-1a と地球最大の洪水玄武岩オントンジャワ海台の形成に関連あるかどうかを、堆積岩の鉛同位体組成という新しい指標を用いて検討した。その結果、1) OAE-1a が始まる数十万年前に陸上噴火が、2) OAE-1a と同時期に大規模な海底火山活動が起きたことを明らかにした。前者は世界規模の海洋生物の群集組成変化に、後者は海洋無酸素化や海洋酸性化の時期と一致している。本研究は、様式の異なる2回の大規模火山活動が、それぞれ海洋生物・環境イベントに関連したことを明らかにした点が画期的である。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,200,000	0	2,200,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
総計	3,300,000	330,000	3,630,000

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：海洋無酸素事変、巨大火成岩区、鉛同位体

1. 研究開始当初の背景

海洋無酸素事変と巨大火成岩区に関連については、古くは1990年代に海台の形成年代が精力的に明らかになった頃から注目され始めている。しかし、これまでは決定的な証拠が得られていなかった。最近になって、マルチコレクター型誘導結合プラズマ質量分析計MC-ICP-MSが地球科学分野で一般的になりつつあり、これまでに比べて鉛などの同位体比が迅速に測定できるようになってきた。研究を開始した当初、研究代表者の所属する研究機関でもMC-ICP-MSとクリーンルームが導入された。これまでは堆積物の鉛同位体比はあまり注目されていなかったが、申請者の先行研究で鉛同位体比が過去の大規模火成活動の検討に非常に有効であるこ

とが明らかになっていた。鉛同位体比の最大の利点は、4つの同位体を利用することで供給源の変動をより詳しく知ることができる点である。たとえば、ストロンチウム同位体やネオジム同位体はそれぞれ2つの核種の比を古環境指標に用いるため、3つ以上のソースのバランスについて詳しく言及することができなかった。これに対し、鉛同位体比は放射性起源各種に富む大陸地殻、 ^{207}Pb や ^{208}Pb にやや富む海洋島玄武岩やオントンジャワ海台などの巨大火成岩区、そして放射性起源各種に枯渇する中央海嶺玄武岩が全て識別できる。申請者が中心となっておこなった、鉛同位体を用いた先行研究は Science 誌の News 記事に取り上げられた。

2. 研究の目的

上記のような背景から、研究代表者は堆積物の鉛同位体組成という新しい古環境指標を用いて、地球最大規模の洪水玄武岩であるオントンジャワ海台と海洋無酸素事変 OAE-1a との関連を明らかにすることを目的とし、研究をスタートさせた。

3. 研究の方法

白亜紀の堆積物を 3 サイトから入手し、堆積岩中の珪酸塩成分の鉛同位体比とウラン、トリウム、鉛の濃度比を測定した。試料は西部テチス海の陸棚遠洋堆積物（現在のイタリア・アペニン山地）、低緯度北太平洋深海チャート（現在の高知県横波半島の横波チャート）および低緯度北太平洋海台堆積物 (ODP Site 1207) である (図 1)。鉛同位体測定の前処理はクリーンルームでおこない、鉛同位体比は MC-ICP-MS で、ウラン、トリウム、鉛の濃度比は ICP-QMS で測定した。平成 19 年度の前半は主に堆積岩中から珪酸塩由来の鉛を抽出する実験手法の構築と、実験環境の整備、試料採取に努めた。また、平成 19 年度後半および平成 20 年度はデータの取得に努めた。最終的に上記 3 サイトから採取した約 200 試料の測定をおこなうことができた。

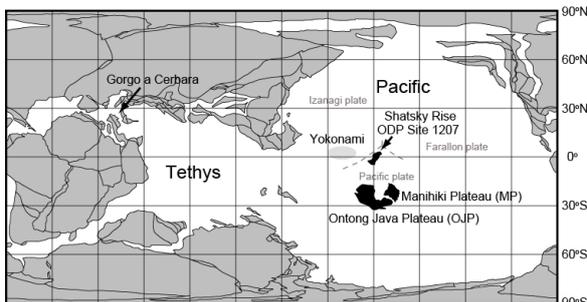


図 1. 鉛同位体分析をおこなった 3 サイト（アペニン山地・Gorgo a Cerbara, シャツキー海台 Site 1207, 横波チャート）およびオントンジャワ海台、マニヒキ海台、および太平洋海嶺三重点の古地理。時代は 120 Ma。

4. 研究成果

申請期間の 2 年間で太平洋とテチス海の 3 サイトのアプチアン堆積物について鉛同位体比を精力的に測定した。その結果を図 2 に示す。注目すべき点は、OAE-1a が始まる 20~70 万年前に、すべてのサイトで堆積物鉛同位体比がオントンジャワ海台の玄武岩の組成の方向にシフトすることを見出した (図 2b)。例えば、シャツキー海台 Site 1207 では、後期バレミアンの層準で鉛同位体比が大陸地殻 (特に南米大陸) の値であった (図 2a) のが、OAE-1a が始まる約 20-70 万年前に大

陸地殻の値からオントンジャワ海台の値の方向にシフトし (図 2b, 2c)、OAE-1a が終わった後の前期アプチアン後半に再び大陸地殻の値に戻る (図 2d)。また、横波チャート層の鉛同位体比は、OAE-1a が始まる約 20-70 万年前の層準でオントンジャワ海台の鉛同位体比とほぼ同じ値を示す (図 2b)。その後、OAE-1a が始まる頃に鉛同位体比は大陸地殻の値にシフトする (図 2c)。イタリアのセクションでは、後期バレミアンの頃は大陸地殻の値 (特にユーラシア・アフリカ大陸) を示していた (図 2a) のが、アプチアンの初頭、OAE-1a が始まる 20-70 万年にオントンジャワ海台の値にわずかに近づく (図 2b)。その後、OAE が始まる頃に再び大陸地殻の値に戻る (図 2c)。これらの鉛同位体記録は、OAE-1a 開始の数 20-70 万年前にオントンジャワ海台の火山活動が起き、地球規模で鉛が放出されて海洋堆積物中の鉛同位体組成を変化させたことを示している。このような地球規模での鉛同位体比の変動は陸上噴火もしくは爆発的な水中噴火で説明できる。オントンジャワ海台の活動史と照らし合わせると、この火山活動はオントンジャワ海台の一部と考えられるマニヒキ海台を形成した陸上噴火活動と関連が深いと考えられる。私たちのグループがおこなった、堆積岩中の海水由来のオスミウム同位体分析の結果では、OAE-1a が始まる約 50 万年前と OAE-1a の開始と同時期の 2 回、オントンジャワ海台の活動にともなうオスミウム供給を示すと思われるオスミウム同位体比の負のシフト (より放射性起源各種の比率の低下) が認められた。今回申請者が明らかにした鉛同位体比のシフトは、2 回あるうちの 1 回目のオスミウム同位体比のシフトに時期的に一致し、大規模な火山活動が起きたことがオスミウム同位体比からも支持される。興味深いことに、この鉛同位体比のシフトは、世界規模の海洋石灰質ナノプランクトンの群集組成の変化が始まる時期に一致していることが明らかになった。

オントンジャワ海台からの鉛の供給は、OAE-1a が始まった後もシャツキー海台では記録されている。しかし、その他の 2 サイトではオントンジャワ海台からの鉛の供給は認められなくなり、大陸地殻に由来する鉛の供給が優勢になる。しかしながら、オスミウム同位体比の記録からは OAE-1a が始まる時に 2 回目の大規模な火山活動があったことが示唆されている。これに調和的であるのはシャツキー海台の鉛同位体記録だけであり、他の 2 サイトの鉛同位体記録はマントルからの物質供給の増加を支持しない。これは何を意味しているのであろう? 申請者は、まずオントンジャワ海台と鉛同位体比の分析をおこなった 3 サイトの古地理に注目した (図 1)。

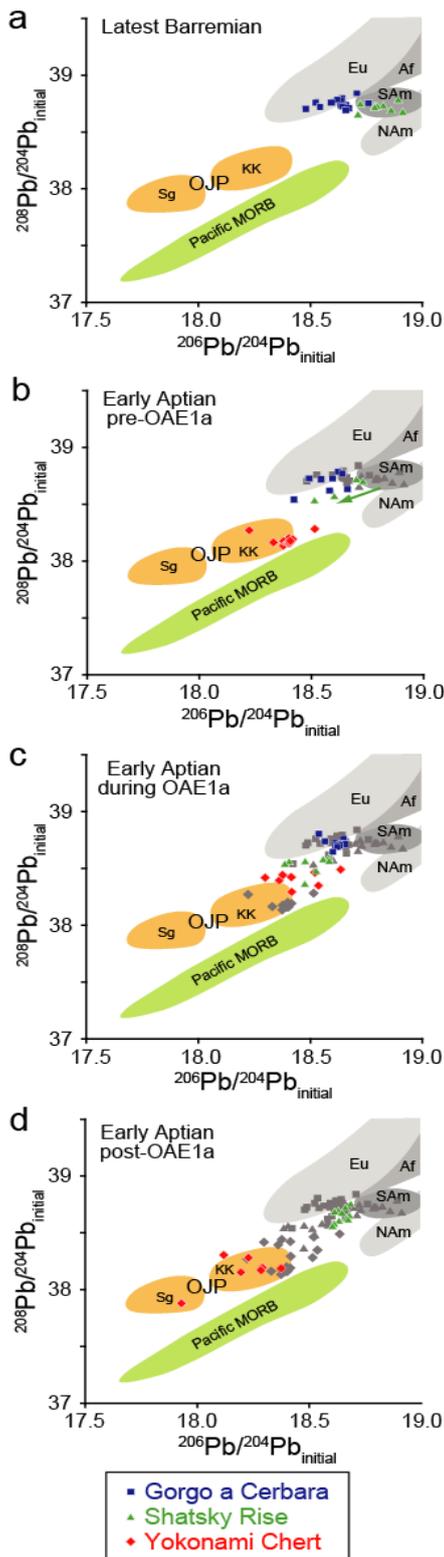


図 2. 鉛同位体比の時間スライス。後期バレミアン(a), 前期アプチアン初頭、OAE-1a 開始前(b), 前期アプチアン、OAE-1a (c), 前期アプチアン、OAE-1a 後(d)。緑色は中央海嶺玄武岩、橙色はオントンジャワ海台、灰色は大陸地殻を示す。マニヒキ海台はオントンジャワ海台の値に含まれる。Eu ユーラシア、Af アフリカ、Am アメリカ大陸。

その結果、アプチアンの当時、イタリアや横波チャートはオントンジャワ海台からの距離が比較的遠いことが明らかになった。このことから、オントンジャワ海台からの鉛の供給が地理的に制約されていたことが示唆される。これを説明する一つのシナリオとして、深海での火山活動が挙げられる。もし深海で火山活動が起きた場合、海洋での滞留時間が長い(数万年)オスミウムは海洋中に放出されて均質化し、海水の同位体比が変化するが、海洋中での滞留時間の非常に短い鉛は火山から近い場所で海水中から取り除かれて堆積する。このため、火山から遠く離れた場所では火山から鉛が供給されず、同位体比が変化しない。オントンジャワ海台の活動史と照らし合わせると、オントンジャワ海台のメインボディーは深海底での静かな割れ目噴出により形成されたと考えられており、申請者の解釈と整合的である。このように、火山からの鉛の供給プロセスは陸上噴火(もしくは爆発的水中噴火)と海底噴火とで大きく異なり、これが白亜紀アプチアンの海洋堆積物の鉛同位体比変動パターンがサイトごとに異なるという現象をもたらしたという結論に至った。

OAE-1a と同時期に起きた 2 回目の火山活動は、炭素同位体比の負のシフトが堆積物中に記録される時期にほぼ一致する。これは同位体比の軽い CO_2 や CH_4 が何からの原因で大気海洋系に放出されたことを示している。私の結果は、この CO_2 や CH_4 の放出イベントとオントンジャワ海台の関連を示唆しており、おそらく火山活動によってマンテル由来の軽い炭素(通常海洋溶存無機炭素よりも 5~30%ほど ^{13}C に枯渇する)が供給されたのであろう。また、この 2 回目の大規模火山活動が起きた時期は同時に海洋の酸性化が指摘されており、海洋への CO_2 や CH_4 の供給と整合的である。2 回目の火山活動は、海水の炭素同位体比の急激な変動(負のエクスカージョン)、海洋の酸性化とそれに伴う石灰質プランクトンの絶滅、さらには海洋底層の貧酸素化とそれに伴う有機質堆積物の形成といった海洋環境の劇的な変化に関連しているという点で、1 回目の火山活動よりも大規模であった可能性が高い。1 回目の火山イベントがオントンジャワ海台の一部であるマニヒキ海台の形成に関連しており、2 回目の火山イベントがオントンジャワ海台のメインボディーの形成に関連しているという解釈は、マニヒキ海台とオントンジャワ海台のボリュームの違いを反映しているのであろう。

本研究は、様式の異なる 2 回の大規模火山活動が OAE-1a の数 10 万年前と OAE-1a と同じ時期に起きていたことを鉛同位体比から明らかにしたことが最大のセールスポイントである。また、2 回の火山活動のそれぞれ

が海洋生物イベントや海洋環境イベントと密接に関連していることを明らかにした点、結果的にオントンジャワ海台の活動史を堆積岩の分析から明らかにすることができたという2つの点でも非常に画期的といえる。さらに、この成果を年度内に国際誌に投稿することができたこと (Kuroda et al., submitted to Earth and Planetary Science Letters) も特筆に値する。

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4件)

1. Maria L. G. Tejada, Katsuhiko Suzuki, Junichiro Kuroda, Rodolfo Coccioni, John J. Mahoney, Naohiko Ohkouchi, Tatsuhiko Sakamoto, Yoshiyuki Tatsumi, Ontong Java Plateau eruption as a trigger for the Early Aptian oceanic anoxic event, *Geology* 2009 (採録決定済) 査読あり

2. Yuichiro Kashiyama, Nanako O. Ogawa, Junichiro Kuroda, Motoo Shiro, Shinya Nomoto, Ryuji Tada, Hiroshi Kitazato, Naohiko Ohkouchi, Diazotrophic cyanobacteria as the major photoautotrophs during mid-Cretaceous oceanic anoxic events: Nitrogen and carbon isotopic evidence from sedimentary porphyrin, *Organic Geochemistry*, vol. 39, p. 532-549, 2008. 査読あり

3. Junichiro Kuroda, Nanako O. Ogawa, Masaharu Tanimizu, Millard F. Coffin, Hidekazu Tokuyama, Hiroshi Kitazato, Naohiko Ohkouchi, Contemporaneous massive subaerial volcanism and Late Cretaceous oceanic anoxic event 2, *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 256, p. 211-223, 2007. 査読あり

4. Naohiko Ohkouchi, Yuichiro Kashiyama, Junichiro Kuroda, Nanako O. Ogawa, Hiroshi Kitazato, The importance of diazotrophic cyanobacteria as primary producers during Cretaceous Oceanic Anoxic Event 2, *Biogeosciences*, vol. 3, p. 575-605, 2006. 査読あり

[学会発表] (計7件)

1. Junichiro Kuroda, Volcanism of the Ontong Java Plateau recorded in the Early Aptian pelagic sediments and its implication as a trigger of Aptian Oceanic Anoxic Event, American Geophysics Union

2008 Fall Meeting, San Francisco (December 18, 2008).

2. 黒田潤一郎, 海洋堆積物のオスミウム、鉛、炭素同位体比にもとづく白亜紀の古環境変動研究, 日本地球化学会 2008 年度年会, 東京, 2008 年 9 月 19 日.

3. Junichiro Kuroda, Volcanism of the Ontong Java Plateau recorded in the Early Aptian pelagic sediments and its implication as a trigger of the Early Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE-1a), 6th International Conference on Asian Marine Geology, Kochi, Japan (September 1, 2008).

4. 黒田潤一郎, 微量元素の同位体変動から見た白亜紀海洋無酸素イベント, 日本地球惑星科学連合 2008 年大会, 千葉, 2008 年 5 月 28 日.

5. 黒田潤一郎, アプチアの海洋無酸素イベント堆積物の炭素・鉛・オスミウム同位体から読み取る火山活動の記録, 日本地質学会第114年学術大会, 札幌, 2007年9月9日.

6. Junichiro Kuroda, Massive volcanism associated with LIP emplacements as a potential cause of Cretaceous Oceanic Anoxic Event, Large Igneous Province Workshop (IODP International Workshop), Colerain, UK (July 24, 2007).

7. Junichiro Kuroda, Carbon isotopic variation across the Livello Selli black shale: paleoenvironmental implications for the Early Aptian anoxic event (OAE-1a), European Geoscience Union General Assembly 2007, Wien, Austria (April 18, 2007).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

黒田 潤一郎 (KURODA JUNICHIRO)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部変動研究センター・研究員

研究者番号: 10435836

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし