

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：64303

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26870418

研究課題名(和文) 半遠洋性堆積物のSr-Nd-Pb同位体比分布解明：プレート運動のトレーサーとして

研究課題名(英文) Sr-Nd-Pb isotope ratios of hemipelagic sediments as the tracer of plate motion

研究代表者

齋藤 有 (Saitoh, Yu)

総合地球環境学研究所・研究基盤国際センター・研究員

研究者番号：60469616

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)：固体地球の表層は複数の岩盤「プレート」によって覆われており、それらが相対運動することが地震や火山活動といった地殻変動を引き起こしている。プレート上の堆積物の供給源を高精度で解明することができれば、過去にそのプレートがどのように移動してきたかを明らかにすることができる。供給源の特定には鉛など重元素の同位体比を指紋として扱うことが有効であるが、照合に必要なデータベースが未整備であった。本研究では、日本列島が排出する堆積物の同位体比の空間変化、地質依存性と時間変動を明らかにし、東南海地震を引き起こすフィリピン海プレートの運動履歴を明らかにする上で有用な基盤データを整備することができた。

研究成果の概要(英文)：Surface of solid earth is covered by several plates, of which relative motion causes crustal movement such as earthquakes and volcanic eruptions. Precise identification of the source of sediments on the plates will help to decipher the history of the plate motion. Although it has been well known that treating isotope ratios of heavy elements such as lead as the fingerprints is effective in identification of sediment sources, the reference data has been unfulfilled. In this study I consolidated the basic isotopic data to infer the history of the Philippine sea plate motion, which causes large earthquakes called "To-nankai earthquakes" by revealing spatiotemporal variations of isotope ratio of heavy elements in fine sediments discharged from Japan islands and their causal factors

研究分野：堆積学

キーワード：Sr-Nd-Pb同位体比 泥質堆積物 供給源 フィリピン海プレート 西南日本 河川堆積物

1. 研究開始当初の背景

地球上の堆積物(岩)の大半は泥質堆積物(岩)である。特に半遠洋域に広く厚く分布する半遠洋性泥質堆積物は、定常的な作用で連続的に堆積することから過去の環境変動の記録として有効に利用されてきた。例えば放散虫や有孔虫などの微化石は、古気候や古環境を解読する上で有効な指標となることから、世界中の海洋堆積物を対象に、それらの群集組成や同位体比がよく研究されている。それに対し、半遠洋性堆積物の大半を構成する珪質砕屑物を対象とした研究は多くない。砕屑物の供給源は、地殻変動、堆積盆の形成過程や、地球表層における物質循環を解明、理解する上で、有益で重要な情報となる。特に半遠洋性堆積物は、海洋プレート上に堆積するため、長期的なプレートの移動はその供給源を変化させることが推定される。従って堆積物の供給源はプレート運動の履歴を復元する上で有力な情報となる。実際、フィリピン海プレートが時計回りに回転したことが、砂質堆積物中のジルコン粒子の供給源解析によって示唆されている。砂質堆積物は、供給源の地質によって鉱物・化学組成が大きく異なる上、粒子が大きいため粒子単位での元素・同位体分析も可能であることから、供給源解析が多く行われてきた。それに対し、泥質堆積物は風化の最終産物であることから組成がかなり均質であり、供給源解析はあまり試みられてこなかった。しかしながら、風成塵の研究などから、岩石学でトレーサーとして扱われることの多いSr-Nd-Pb同位体比が堆積物についても精度の良い供給源指標となることが分かっている。研究代表者は、これらの同位体比を利用して、紀伊半島沖四国海盆北縁の半遠洋性堆積物の供給源解析を試みた結果、約440万年前から290万年前にかけて主供給源が大陸から日本列島へと徐々に変化することを見出し、それがフィリピン海プレートの北上を反映したものと解釈した(Saitoh et al., 2015)。また、黒潮が東シナ海周辺から1000km以上に渡って細かな砕屑粒子を運搬した可能性も示唆し、Sr-Nd-Pb同位体比による泥質堆積物の供給源解析が地球科学に大きな貢献をしようことを示している。一方で、Sr-Nd-Pb同位体比の威力を十分引き出すために不可欠な、供給源における泥質堆積物の同位体比のデータベースはほとんど整備されていない。四国海盆に堆積物を供給する可能性のある日本列島の河川に限定しても、泥質堆積物の同位体比データはほとんど公表されていなかった。プレート運動のトレーサーとして泥質堆積物の供給源を利用する場合、数百万年のオーダーでの変動を扱うことになるため、供給源が排出する泥質堆積物の性質自体に時代変動があるかどうかも重要となるが、日本列島に関しては当然、そのような変動についての知見も全く存在していなかった。

2. 研究の目的

プレート運動のトレーサーとして泥質堆積物の供給源情報を有効活用するための手法を確立し、データベースを整備することが本研究の目的である。特にフィリピン海プレート上の四国海盆を対象として、その重要な砕屑物供給源である日本列島が排出する泥質堆積物の同位体比について時空間を網羅するデータベースを作成することを目指した。

3. 研究の方法

(1) 空間変化とその要因評価

日本列島が排出する泥質堆積物の同位体バリエーションを把握するため、関東から九州で太平洋に流入する50河川より、泥質堆積物試料を採取し、Sr-Nd-Pb同位体比を測定した。試料は堆積学的観察によって河川の水流によって運搬・堆積したことが明らかなものだけを選んで採取した。また、同位体比の粒度依存性を考慮し、その効果を無視できるように、沈降法によって粒径20 μ m以下の粒子のみを抽出した。この粒径は四国海盆の半遠洋性堆積物と同等である(Saitoh, 2014)。さらにケイ酸塩粒子に二次的に付着した成分を塩酸で洗浄・除去した上で分析試料とした。

(2) 時間変化の評価

同一地域から排出される細粒砕屑物の同位体比における時代変動の程度を確かめるため、約300万~150万年前の前弧海盆堆積物である掛川層群のほぼ全層準から泥岩および凝灰岩試料を採取し、そのSr-Nd-Pb同位体比を測定した。試料は河川堆積物と同様に粒径を20 μ m以下に限定し、塩酸で吸着物を除去して分析に用いた。

4. 研究成果

(1) 空間変化とその要因評価

河川堆積物のSr-Nd-Pb同位体比は流域の主要地質を鋭敏に反映して河川毎に大きく変化することが明らかとなった。特に日本列島中西部の主要地質であるジュラ紀付加体、白亜紀付加体、白亜紀深成岩、領家三波川変成岩類、第四紀火山岩を主要地質とする流域が排出する泥については、同位体比と元素組成を複合的に比較することで互いに明確に識別できることが明らかとなった。ジュラ紀付加体が卓越する(面積で70%以上)流域は脇川、桂川、揖斐川などであるが、中央構造線の北(内帯)と南(外帯)とで明確な違いが見られる。例えばSr同位体比では、内帯では $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ が0.720~0.730であるのに対し、外帯では0.710~0.717と低い。外帯と内帯でジュラ紀付加体の形成場に大きな地理的隔たりがあったこと(Taira, 2001など)がこの大きな違いの要因と考えられる。白亜紀付加体が卓越する流域は、四万十川、

新莊川, 日高川である。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は外帯のジュラ紀付加体流域と類似するが, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ が約 0.5123 と, 外帯ジュラ紀付加体の約 0.5124 よりかなり低いことで区別できる。白亜紀深成岩が卓越する流域は雲出川, 鈴鹿川, 矢作川である。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は外帯のジュラ紀付加体や白亜紀付加体の流域と類似するが (0.712~0.718), $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ はそれらの地質の値よりかなり低い (0.5122 程度)。また, $\text{Zr}[\text{mg}/\text{kg}]/\text{Al}[\text{g}/\text{kg}]$ 比がそれら付加体では 1.2 以上であるのに対し, 白亜紀深成岩では 1.0 以下と低いことも特徴である。ジルコニウム (Zr) は花崗岩に含まれるジルコンに主に含まれるが, ジルコンは安定鉱物であることから, 流域内での風化では泥サイズにまで破碎されないことが考えられる。

第四紀火成岩が大半を占める流域には, 菱田川, 大分川, 狩野川などがある。これらの流域の泥は顕著に $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.705~0.706), $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (15.57~15.61) が低く, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (0.5125~0.5128) が高いことから, 他の地質が卓越する流域の泥とは明確に識別できる。

領家三波川変成岩類が大半を占める流域は, 吉野川と榎田川である。これらの流域の泥の Sr-Nd 同位体比は外帯のジュラ紀付加体流域に類似する値を示すが, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (18.65~18.8), $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (約 38.8) が外帯ジュラ紀付加体より顕著に高い。

以上のように Sr-Nd-Pb 同位体比と元素組成を複合的に比較すれば日本列島中西部の主要地質が排出する泥は互いに識別することが可能である。このことを利用すれば, 四国海盆や南海トラフ周辺の半遠洋性堆積物の起源を解析することによって日本列島の地殻変動や環境変動を高い時間解像度で復元できる可能性がある。

(2) 時間変化の評価

掛川層群泥岩の Sr-Nd-Pb 同位体比の時間変化は河川堆積物における地域変化と比較するとかなり小さい。しかしながら, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ で 0.711~0.714, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ で 0.51225~0.51235, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ でそれぞれ 18.60~18.67, 15.62~15.64, 38.86~39.00 と, 無視できない幅の変動があることが明らかになった。これらの同位体比は, 同位体比とは独立に確立されているシーケンス層序区分 (Sakai and Masuda, 1995 など) と相関して変動するように見えることから, 海水準変動による海岸線の移動が堆積物の供給に少なからず影響することが推定される。このことから, 地質学的な時間スケールにおける供給源推定の精度には限界があることが示唆される。

(3) 河川堆積物, 掛川層群泥岩と四国海盆堆積物との比較

掛川層群の Sr-Nd-Pb 同位体比は, 白亜紀付加体と白亜紀花崗岩を主要地質とする流域

の河川堆積物とよく類似する (図 1)。掛川層群の位置はこれらの地質が広く分布する地域に近く, 掛川層群泥岩の主供給源は最も近い陸地であるという自然な結果である。それに対し, 紀伊半島沖のサイト C0011 で採取された四国海盆半遠洋性堆積物は同位体比から内帯付加体と第四紀火山岩との混合であることが示唆される。C0011 に堆積物を供給しうる第四紀火山岩が分布するのは伊豆本州衝突帯のみである。一方, 内帯付加体は揖斐川や長良川の流域に分布するが, より近くに広く分布する外帯付加体の寄与が無いのが不自然である。内帯付加体に類似する同位体比を持つ大陸由来の堆積物が黒潮によって東シナ海より運搬されるとする Saitoh et al. (2015) の説の方がより自然な解釈のように思われる。

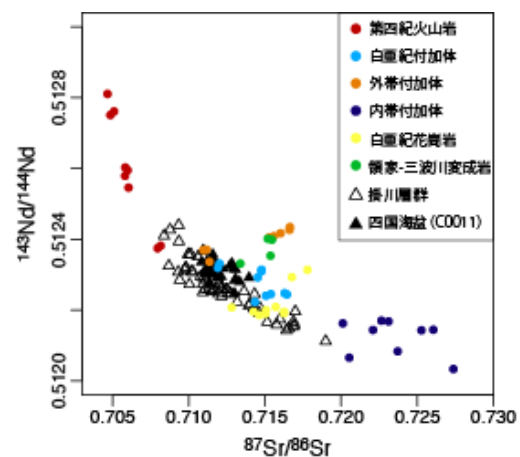


図 1. 河川堆積物, 掛川層群泥岩, 四国海盆半遠洋性堆積物の Sr-Nd 同位体比の比較

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 0 件)

[学会発表](計 3 件)

齋藤 有・谷水雅治・石川剛志, 東海地域の河川が排出する細粒堆積物の鉛同位体比, 日本地球惑星科学連合大会, 2015

齋藤 有・酒井哲弥, 相対的海水準変動に依存する細粒堆積物の供給源変動: 更新統掛川層群の例, 日本堆積学会 2017 年大会, 2017

齋藤 有, 河川泥質堆積物の Sr-Nd-Pb 同位体比と流域地質との関係, 日本堆積学会 2018 年大会, 2018

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

齋藤 有 (Yu Saitoh)
総合地球環境学研究所・研究員
研究者番号：60469616

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし

(4) 研究協力者

該当なし