

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K03765

研究課題名(和文) 堆積物を運んだ水の起源情報としての鉄マンガン酸化物のポテンシャル評価

研究課題名(英文) Evaluation of the potential of iron-manganese oxides as information on the origin of sediment-carrying water

研究代表者

齋藤 有 (Saitoh, Yu)

早稲田大学・理工学術院・講師(任期付)

研究者番号：60469616

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：堆積物をコーティングする鉄マンガン酸化物に含まれるネオジミウムの同位体比が、堆積物を運搬した水の値を保存することを検証する研究を行った。海水の懸濁物を対象とした研究の結果、堆積前の粒子に含まれる鉄マンガン酸化物中のネオジミウムの同位体比は水の値を反映しないが、吸着体あるいは炭酸塩中のネオジミウムの値は水の値を反映することが明らかとなった。次に、2011年の津波堆積物について吸着体・炭酸塩成分についてネオジミウム同位体比を測定した結果、海水の値の影響が確認され、これらの成分が離水してからも運搬に作用した水の値を保存することが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

堆積物からそれを運搬した作用を読み取ることは、堆積学の重要な課題の一つであるが、水流の物理的強度を読み取ることに比べ、水の質的な特徴を読み取る試みはほとんどなされてこなかった。本研究により、Nd同位体比がそのツールとして有用である見通しが高まった。更なる検証は必要ではあるが、堆積学の解明できる範囲が拡大される可能性はある。そのことで、津波堆積物や洪水堆積物の識別といった、防災に役立つ地質情報の精度、信頼性が向上することが期待される。

研究成果の概要(英文)：A study was conducted to verify that the isotope ratios of neodymium in the iron manganese oxides coating the sediments preserve the values of the water in which the sediments were transported. The results of the study on seawater suspensions showed that the isotope ratio of neodymium in the iron manganese oxide in the particles before deposition does not reflect the value of water, but the value of neodymium in the adsorbent or carbonate does reflect the value of water. The isotope ratios of neodymium in the adsorbent and carbonate components of the 2011 tsunami sediment were measured, and the influence of seawater values was confirmed, suggesting that these components conserved the water values that they acted to transport after they left the water.

研究分野：堆積学

キーワード：ネオジミウム同位体比 津波堆積物 懸濁物

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

堆積物の運搬作用の多くでは、浮力や推進力、あるいは潤滑剤として水が重要な役割を果たすことから、堆積物の運搬または移動の際にどのような水が作用したのか(海水なのか、陸水なのか、汽水なのか、陸水であれば具体的にどの河川なのか)を明らかにすることは、堆積物を形成した作用や環境を推定する上で決定的な証拠となる可能性が有る。従って、堆積物から水の情報を抽出する手法を検討する意義は大きいと考えた。

水の情報を得ることで大きな発展が期待される研究分野の1つとして、津波堆積物に基づく災害研究が考えられた。インド洋大津波や、東日本沖大震災による津波など、近年巨大津波災害が相次いだことにより、津波の発生履歴や再来周期を堆積記録から推定する研究が増加しつつあった(Minoura et al., 2013; Rubin et al., 2017 など)。しかしながら、津波堆積物の識別にはしばしば恣意性が伴うことが議論となってきた。沿岸湿地など通常は泥しか貯まらない環境に粗粒な砂層が見出されると津波堆積物と解釈されることが多いが、河川の洪水堆積物でないことを明確に示すことは難しい。有孔虫など海棲生物の遺骸を含むことが証拠として挙げられる場合が多いが、津波堆積物が必ずしもそのような指標となる微化石を含むわけではない。これに対し、海水が特徴的な化学組成を堆積物に残せば、より普遍的な津波堆積物の指標となることが期待されたが、実際には天水や地下水による希釈によって堆積後にそのような変化は消滅してしまうことが確認されている(Shinozaki et al., 2016)。しかしその方向性での研究はまだ少なく荒削りで、堆積物に付着しやすい特定元素に着目するなどの工夫によって海水の痕跡を抽出できる可能性は残されていた。それが可能であれば、同じ原理で、陸上の津波堆積物とは反対に、海底堆積物から堆積物供給河川の情報を得られる可能性もあり、堆積学一般の発展にも大きく寄与することが期待された。

2. 研究の目的

本研究の目的は、堆積物からそれを運んだ水の起源情報を抽出するための方法論を確立することである。具体的には、堆積物が、接触した水の情報を、ネオジミウム同位体比という形で保存することを確認し、それが津波堆積物の識別の証拠として利用可能であるか否かを検証することを目的とした。

ネオジミウムは希土類元素の一つであるが、 ^{147}Sm を親核種とする 壊変で生成する ^{143}Nd の存在比は、岩石の種類や年代によって異なる。このことが環境中の Nd 同位体比にも多様性をもたらし、河川水の溶存 Nd 同位体比は流域の地質によって大きく変化することが確かめられている(Saitoh et al., Ecosphere, 2018)。海洋環境でも海域や水塊毎に異なる値を取ることが知られており(Amakawa et al., 2004, Lacan et al., 2012 など)、海底堆積物をコーティングする Fe-Mn 酸化物中に含まれる Nd の同位体比は過去の海水の深層循環を復元するための指標として実際に活用されている(Rutberg et al., 2000; Bayon et al., 2004 など)。本研究では同様の原理に基づき、津波や洪水といった水理作用で運搬された堆積物について、付着した Nd を指標として、作用した水に関する情報を引き出すことを目的とした。

3. 研究の方法

1. 海水中の懸濁物が、海水由来の Nd をどのような形で保持しているかを、逐次抽出法で確かめた。試料として、宮城県の仙台湾で阿武隈川河口から沖へ向かう測線で採取された海水中の懸濁粒子を用いた。仙台湾では、阿武隈川と外洋海水の混合を反映して、陸沖方向に海水の Nd 同位体比が低下することを確かめてある。10%酢酸、塩酸ハイドロキシルアミン酢酸溶液(HH)の順に試料の逐次溶出を行い、残渣(ケイ酸塩)を、フッ酸を主とする混酸で完全溶解し、それぞれについて、元素濃度と Nd 同位体比を測定、海水の Nd 同位体比と比較した。

2. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波によって形成した陸上堆積物を対象に、水および酢酸溶出成分の Nd-Sr 同位体比測定を行い、海水情報の検出を試みた。2014年に福島県南相馬市小高地域の沿岸低地で採取され保存されていた試料に加え、2019年に同地域の現地調査を実施し、それとほぼ同じ地点で新たに津波堆積物を、付近の河川水、海水と合わせて採取、分析試料とした。津波堆積物は厚さ約10cmで上方細粒化し、泥に遷移する。津波堆積物下位の泥層から地表まで採取した堆積物を、鉛直1cm間隔で分割し、水(超純水)で洗浄後、酢酸溶出成分を抽出し、Nd 同位体比を測定した。河川水、海水についても Nd 同位体比を測定し、堆積物溶出成分との比較に用いた。

4. 研究成果

海水懸濁物についての成果

仙台湾の海水懸濁物の分析の結果、酢酸溶出成分が海水の Nd 同位体比を反映するが、HH 溶出成分は必ずしも反映しないことがわかった。

Nd 同位体比について、海水の溶存成分と、酢酸溶出成分との間には有意な相関 ($r=0.65$, $p\text{-value}=0.0025$) が認められたが、HH 溶出成分との間 ($r=0.39$, $p\text{-value}=0.10$)、および残渣との間 ($r=0.52$, $p\text{-value}=0.084$) には相関は認められなかった。この結果は、海水溶存 Nd が、海水懸濁物粒子に、静電的な吸着体、あるいは炭酸塩の形で付着していることを示唆する。一方、還元剤である HH 溶液で溶出する成分は、鉄マンガ酸化物と考えられるが、これに含まれる Nd の同位体比は海水の値より低いものが多い。阿武隈川など仙台湾周辺河川の Nd 同位体比は海水より高いため、懸濁物を供給した河川水の値を反映したものと解釈できない。鉄マンガ酸化物の Nd は運搬作用ではなく、源岩の生成あるいは続成作用に関連するものである可能性が高い。先行研究 (Bayon et al., 2002 など) では、海底堆積物中の鉄マンガ酸化物に含まれる Nd は海水由来とされており、本研究でも同様となることを期待したが結果は異なるものとなった。扱ったのは堆積物ではなく懸濁物であることから、海水から析出した鉄マンガ酸化物の比率が微量であったことが要因として考えられる。

津波堆積物についての成果

2011 年東北沖大地震による津波堆積物のうち、2019 年に採取したものは、海水の Nd 同位体比を保持している可能性がある。しかしながら、2014 年に採取され、保管されていた試料からは海水の作用の影響と認められる同位体比が検出できなかった。

2019 年に採取した試料の酢酸溶出成分の $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ は、津波堆積物の下位の層準の泥層で高く (0.51267)、付近の用水路の水の値 (0.51266) と近いが、津波堆積物の層準では、下部では 0.51265 と若干高いものの上ほど低くなり最上部では 0.51264 程度となる。この差は小さいが、測定誤差 (0.000005) に比べて十分大きい。現場近くで採取した海水の値は 0.51261 と低く、津波堆積物で同位体比が低いことは、海水の影響が残存している可能性を示唆する。津波堆積物の上部ほど同位体比が低くなるのは、上部ほど粒子が細かく吸着力の強い粘土を多く含み、海水の Nd がよく保持されたためと考えられる。一方、2014 年に採取した試料は、津波堆積物とその上下の通常時の堆積物との間に同位体比の有意な変化が認められなかった。この試料は、長期間ナイロンに密封されていたため還元状態となり、吸着していた海水の成分が溶脱してしまった可能性がある。堆積物表面への Nd の保存条件についてより詳細に検証する必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 齋藤 有・松本 弾
2. 発表標題 Sr同位体比による津波堆積物の識別
3. 学会等名 第9回 同位体環境学シンポジウム
4. 発表年 2019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
研究分担者	松本 弾 (Matsumoto Dan) (80709551)	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 (82626)	

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