

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：13201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26870215

研究課題名(和文)ネオジウム同位体比を用いた日本海海洋変遷史の解析

研究課題名(英文)Analysis of evolution of the Japan Sea based on neodymium isotopes of fossil fish teeth/debris

研究代表者

堀川 恵司(Horikawa, Keiji)

富山大学・大学院理工学研究部(理学)・准教授

研究者番号：40467858

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：日本海のIODP U1425コアについて、魚歯/骨片化石のネオジウム(Nd)同位体比の分析を過去1000万年間について行った。魚歯化石の産出数の少ない層準については、微量での測定が可能なNdO⁺によるNd同位体比分析を行い、約60層準において魚歯/骨片化石のNd同位体比データが得られた。また、太平洋亜熱帯域のDSDP296サイトの魚歯/骨片化石のNd同位体比データについても分析を行った。これらの結果から、4.5Ma頃に日本海のNd同位体比が-3.7eNdから-5.5eNdに大きく低下している事を明らかにした。これは、東北日本弧の隆起によって、太平洋域の水塊の流入が減少した事によると解釈される。

研究成果の概要(英文)：This study conducted neodymium (Nd) isotope analysis of fossil fish teeth/debris from IODP U1425 obtained in the Japan Sea. For samples with lower amount of Nd (< 20 ng Nd), we measured Nd isotopes as NdO⁺, allowing us to measure the isotopes with good precision. Totally, 60 Nd isotope data for fossil fish teeth/debris were obtained from U1425 for the past 10 Myr. Further, we also reconstructed Nd isotopes of fossil fish teeth/debris from the western subtropical Pacific (DSDP296) for the past 10 Myr. Based on these two records and the previously published Nd record from the subarctic Pacific, we analyzed the timing of the isolation of the Japan Sea from the Pacific Ocean due to the uplift of the northern Japan arc. According to the Nd isotope evidences for U1425 and DSDP296, the isolation of the Japan Sea from the Pacific took place around 4.5 Ma, which is obviously identified by the shift of Nd isotopes in the Japan Sea from -3.7 eNd to -5.5 eNd at that time.

研究分野：古海洋学

キーワード：ネオジウム同位体 日本海 IODP 魚歯化石アパタイト 鮮新世

1. 研究開始当初の背景

日本海の生物相は外洋と比べ種数が少なく、放散虫の種多様度については、約350万年前に減少し始めたことが明らかになっている。種多様度が減少した原因は、日本海の閉鎖性が強まったことに起因する。しかし、解析に用いた放散虫データの時間解像度は低く、閉鎖性が確立したとされる3.5Maには大きな年代誤差が含まれると考えられる。また、この日本海の閉鎖性が、日本列島の隆起に起因するのか、あるいは氷河性海水準の低下に起因するのかについても、よく分かっておらず、3.5Ma以前にあったとされる北方海峡を通じた海水流入量の推移（海峡深度の変遷）もよく分かっていなかった。

2. 研究の目的

本研究では、日本海の閉鎖性が成立したのは3.5Maであったという説を検証する。さらに、閉鎖性の確立が東北日本弧の隆起に起因するのか相対的な海水準低下に起因するのか、という問題と北方海峡の深度変動について、新たな化学データから検討する。この目的を達成するために、IODP346次航海において、日本海で採取された過去1000万年間をカバーする堆積物から魚歯化石のネオジウム同位体比分析を行う。

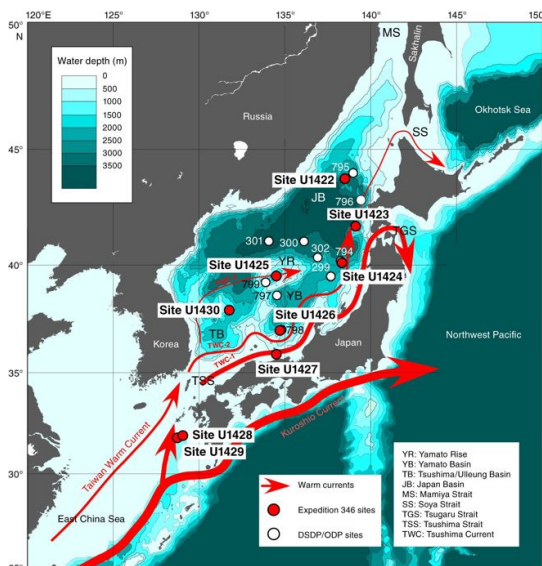


図1 IODP346次航海で得られたコアサイト。本研究で対象としたコア試料はU1425サイト。

魚歯化石のネオジウム同位体比は、海水のネオジウム同位体比を記録する。仮に、日本海に流入する海水が異なるネオジウム同位体比をもっており、その海水の流入量が変化していたとすると、日本海のネオジウム同位体比は変化し、また魚歯化石のネオジウムにもその変化が記録される。したがって、魚歯化石のネオジウム同位体比を経時的に復元することで、日本海に流入していた海水の起源を解析する

ことが可能と言える。このような化学トレーサーを日本海の過去1000万年間の堆積物に適用し、日本海の閉鎖時期の検証と日本海に流入していた水塊の起源および北方海峡の深度変動を解析する。

3. 研究の方法

日本海大和堆で採取されたIODP U1425コアおよび、太平洋深層水のリファレンスとして、九州パラオ海嶺上で採取されたDSDP296コアを対象として、魚歯化石のネオジウム同位体比の分析を過去1000万年間について行った。さらに、太平洋亜寒帯域で報告されているネオジウム同位体比データも活用し、日本海を満たす海水の起源解析を同位体マスバランスによって解析した。

4. 研究成果

日本海のIODP U1425コアについて、魚歯/骨片化石のネオジウム(Nd)同位体比の分析を過去1000万年間について行った。

魚歯・骨片化石は実体顕微鏡下で $>125\mu\text{m}$ より選別した。ネオジウム含有量で20ngある試料については、Reトリプルフィラメントを用いNd+で同位体比を測定した。一方、魚歯化石の産出数が少なく、ネオジウム含有量で20ng以下の試料については、微量での測定が可能なNd0+によるNd同位体比分析を行った。合計で約60層準において魚歯/骨片化石のNd同位体比データを得た。また、太平洋亜熱帯域のDSDP296サイトの魚歯/骨片化石のNd同位体比データについても過去1000万年間について約30層準で分析を行った。

さらに、U1425コアについては、Fe-Mn水酸化物のネオジウム同位体比の分析も行った。Fe-Mn水酸化物は、海水のネオジウム同位体比を復元する際に、現在最もよく利用されているものの、堆積物中に水酸化物として存在している底層水由来のネオジウムを抽出(リーチング)する際に、碎屑物粒子由来のネオジウムの溶出も生じることがある。本研究で行った日本海試料における魚歯・骨片化石とFe-Mn水酸化物のネオジウム同位体比の比較によると、両者の値には最大1eNd程度の差が見られた。Fe-Mn水酸化物のネオジウム同位体比は、そのリーチング方法から海水成分以外の溶出の影響を受けやすいことが指摘されていることから、日本海の底層水のネオジウム同位体比の復元においては、魚歯化石のネオジウム同位体比データに基づく議論がより妥当であると言える。

図2に日本海(U1425, 図2における黄色四角と灰色丸)と九州パラオ海嶺(DSDP296, 灰色帯)、既存研究で報告されている北太平洋亜寒帯域(薄紫帯)の過去1000万年間のネオジウム同位体比データを図示した。北太平洋亜寒帯域は、カムチャツカ半島、アリューシャン列島、アラスカ湾岸にネオジウム同位体

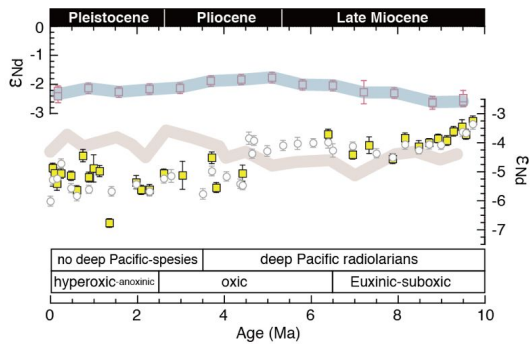


図2 日本海 (U1425, 図2における黄色四角と灰色丸) と、九州パラオ海嶺 (DSDP296, 灰色帯), 既存研究で報告されている北太平洋亜寒帯域 (薄紫帯) の過去 1000 万年間のネオジウム同位体比データ。日本海の酸化還元度の変遷は, Tada (1994) に基づく。放散虫の深層種データは, 上栗・本山 (2007) に基づく。

比の高い岩石が分布しているため, この海域のネオジウム同位体比は高い値を示している。図2から, 北太平洋海水のネオジウム同位体比は, 現在から過去 1000 万年間を通して, 大きな変化がなかったようである。一方, 九州パラオ海嶺のコア試料 (DSDP296, 灰色帯) は, 水深 3000m から採取されており, 南大洋起源の深層水 (Lower Circumpolar Deep Water) の影響下にある。LCDW のネオジウム同位体比は, 過去 1000 万年間にわたり, 多少の変動を経験するものの, 概ね $-4 \sim -5\text{eNd}$ 程度であった。

一方, 日本海のネオジウム同位体比は, 10Ma 頃はおおよそ -3eNd であり, 北太平洋起源の海水の値に近かった。そのため, 従来考えられている通り, 後期中新世頃 (10Ma) は, 現在の東北日本一帯が北方海峡となっており, 古日本海と太平洋との海水交換があったことが伺える。さらに, 古日本海に流入していた海水の多くは, 北太平洋起源であったと思われる。

興味深いことに, 10Ma 以降, 日本海のネオジウム同位体比は 7.5Ma まで減少傾向にあった。このことは, 日本海に流入する海水成分のうち, 徐々に南太平洋からの海水が増えてきたことを意味する。実際に, 8Ma 前後には, 日本海のネオジウム同位体と九州パラオ海嶺のネオジウム同位体比は, ほぼ一致しており, 日本海に流入していた海水の大部分が南大洋起源の深層水であったと思われる。

日本海のネオジウム同位体比変動において, 特に大きな変化は, 4.5Ma 頃に見られ, この間日本海のネオジウム同位体比は, -3.7eNd から -5.5eNd に大きく低下していた。4.5Ma 頃は全球的に温暖な時期に相当し, また海水準も比較的安定していた時代とされている。一方で, 5Ma 頃は太平洋プレートの移動速度が増加することに対応して, プレート境界付近で広域的に造山運動が活発化している時期に対応する。したがって, 4.5Ma 頃に見られるネオジウム同位体比の変化は, 東北日本弧の

隆起によって, 太平洋側から流入した海水量が大きく減少したと考えるのが妥当であろう。4.5Ma 以降の低い日本海のネオジウム同位体比は, 恐らくアムール川やロシア沿海州, 朝鮮半島より供給される低いネオジウム同位体比を持った溶存・粒子態のネオジウムの影響が反映されていると解釈される。

従来, 3.5Ma 頃に日本海の閉鎖性が強まったと報告されていたが, 本研究により, 日本海の海洋環境を大きく変えるような海峡の閉鎖がこれまでの推定よりも 100 万年早く発生していたことが明らかになった。また, その海峡閉鎖は, イベント的な造山運動に伴って生じた可能性が高いことが, ネオジウム同位体比の急激な推移から指摘された。

(2017年6月現在 成果論文を執筆しており, 2017年度中の公表を目指している。)

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 0 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

小坂由紀子・堀川恵司・浅原良浩・張勁, 過去 1000 万年間のネオジウム同位体比変化から推察される日本海の形成史, 日本地球化学会, 大阪市立大学, 2016年9月14日-16日

小坂由紀子・堀川恵司・浅原良浩・張勁, 魚歯化石のネオジウム同位体比を用いた日本海底層水の起源解析, 日本地球化学会, 富山大学, 2014年9月16日-18日

〔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

<http://www3.u-toyama.ac.jp/horikawa/Home.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

堀川 恵司 (HORIKAWA, Keiji)

富山大学・大学院理工学研究部 (理学)・
准教授

研究者番号：40467858

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()