

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05358

研究課題名(和文) 海嶺下における太古代枯渇かんらん岩の普遍性と時空分布：海洋地殻形成機構の再検討

研究課題名(英文) Generality and time-space distribution for the ancient depleted abyssal peridotites: reconstruction of the production systems of the oceanic crusts

研究代表者

仙田 量子 (SENDA, Ryoko)

九州大学・比較社会文化研究院・准教授

研究者番号：50377991

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、複数の海嶺に由来するかんらん岩について、白金族を含む元素・同位体測定と鉱物分析を行い、『太古代枯渇かんらん岩』の普遍性(量と広がり)と生成年代を把握し、海底地殻の原材料であるマントル組成の抜本的見直し及び海洋地殻形成モデルの再検討を行った。太古代の大陸であった Gondwana 大陸分裂後の海洋地殻である南西インド洋海嶺から採取したかんらん岩と比較的新しい海洋地殻であるケイマン海溝のかんらん岩の分析結果は、南西インド洋海嶺が若干古い時代にバリエーションを持つものの、類似した生成年代分布を示した。この研究成果は、学会国際セッションで発表を行い、それらの指摘に対応した論文にまとめている。

研究成果の概要(英文)：In this study, we tried to analyse Os isotope ratios and Platinum group element abundance in abyssal peridotites from southwest Indian Ridge and Cayman trough. The Os isotope data suggest they are similar age distribution, but some peridotites from SWIR, which related with Gondwana, have older model ages than those from Cayman ridge. This result has presented in the international session of the JpGU.

研究分野：地球化学

キーワード：Abyssal peridotite Os isotope ratio PGE abundances mantle heterogeneity

1. 研究開始当初の背景

海洋地殻（海嶺玄武岩層）の厚さは世界中で~7km とほぼ一定であり、断熱減圧条件が破られる 15mm/yr. 以下の低速拡大軸を除けば、メルト生産率およびマントルポテンシャル温度（~1300 °C, McKenzie & Bickle, 1988, J. Petrol.）のグローバルな均質性を表すと考えられている。海洋地殻玄武岩は、中央海嶺下でアセノスフェアから断熱的に上昇した「巨視的には均質なかんらん岩」の部分溶融で形成されると考えられている（図1左）。このモデルでは、「始源的かんらん岩」が現在の地殻を形成した部分溶融によりメルト成分に枯渇し、「枯渇かんらん岩(DMM)」が形成したと想定されている(e.g., Niu & Hekinian, 1997, Nature)。近年、この枯渇かんらん岩の中に、さらに高い枯渇度を示すかんらん岩が発見され、太古代に初期大陸を形成したメルトを抽出した溶け残りであると考えられている(Liu et al., 2008, Nature)。実際、マントルかんらん岩の露出が多い低速-超低速拡大軸では、この『太古代枯渇かんらん岩』の存在が複数の海嶺から報告されている(Liu et al., 2008, Nature; 仙田他, 2012 岩石鉱物科学; 研究業績 11)。さらに最近、高速拡大軸である太平洋中央海嶺(EPR)近辺にも『太古代枯渇かんらん岩』が存在することが報告された(石川他, 2013, 地球化学会)。太古溶融物質の溶け残りとしての『太古代枯渇かんらん岩』が普遍的に中央海嶺下に存在(図1右)するのならば、メルト抽出可能なかんらん岩の量が相対的に少なくなるため、観察されるメルト量を説明するには、従来より高いポテンシャル温度が必要となる。また、上部マントル平均組成の見直しも要請され、メルト生成パラメータを含む海洋地殻形成モデルの再検討を迫られることになる。

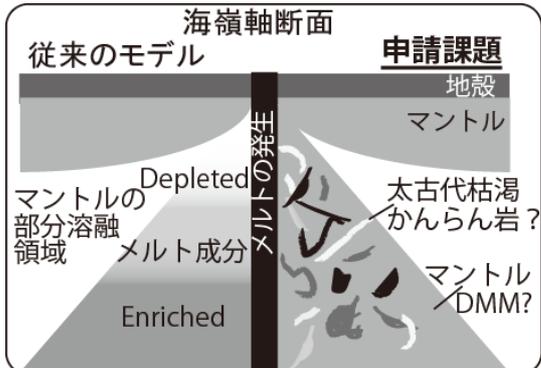


図1 中央海嶺下の従来のマントルイメージ(左)と本申請で検証するイメージ(右)

2. 研究の目的

本研究では、複数の海嶺に由来するかんらん岩について、白金族を含む元素・同位体測定と鉱物分析を行い、『太古代枯渇かんらん岩』の普遍性(量と広がり)、生成年代、溶融条件を把握し、上部マントル温度や組成の抜本的見直し、及び海洋地殻形成モデルの再検討を行う。

3. 研究の方法

まず、『太古代枯渇かんらん岩』の分布を把握するため、テクトニクス場が異なる2つの海嶺軸/断層帯から可能な限り網羅的に採取されたドレッジサンプリング試料(計55個)を用い、稠密に制約する。『太古代枯渇かんらん岩』はメルト生成には関与しないため、火成岩による検出は困難である。また、これらの枯渇かんらん岩は通常の岩石成因論に用いる単斜輝石などの鉱物や微量元素(特に希土類元素など)に乏しいため、これまで詳細な検討はなされてこなかった。本研究では、セッティングの異なる2つの海嶺軸から採取されたかんらん岩の白金族元素(PGEs)や微量元素から枯渇度を、オスミウム(Os)同位体比からメルト抽出モデル年代(後述)を求め、海嶺軸でのマントル不均質の大きさと頻度、形成年代と地球化学的性質を検討する。

二つの海嶺における太古代枯渇かんらん岩の探索として、南西インド洋海嶺(SWIR)は一つのクラトンが分裂したアフリカ大陸と南極大陸の間に位置する。クラトン下マントルである『太古代枯渇かんらん岩』が大陸分裂の間に取り残されている可能性は高く(図2)、実際、海洋プレート下マントルの中でクラトン下マントルと同様の低いOs同位体比を示す試料がSWIR東域で採取されている(Sato et al., in prep)。一方、カリブプレート上のケイマン海溝(CT)は、EPR由来の海洋地殻を裂く若い断層帯である。CTは超低速拡大軸でもあり、EPR由来の比較的均質かつ太平洋型上部マントルが露出する。クラトン分裂境界(SWIR)と太平洋型マントル(CT)という、異なる場と履歴を持つ拡大軸から稠密採取したかんらん岩55試料のOs同位体

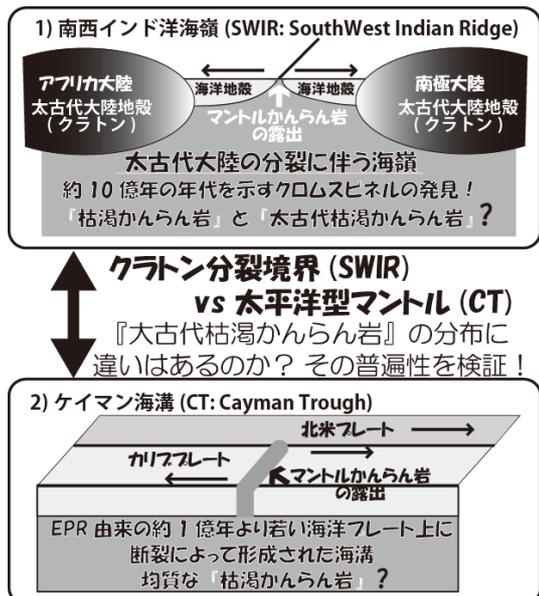


図2 超低速拡大軸での海洋底かんらん岩の露出状態の違い

比測定により、マントル最上部における『太古代枯渇かんらん岩』存在の普遍性と分布(空間、年代)を検証する(図1右, 図2)。

太古代枯渇イベントに対応する溶融条件の検証 太古代枯渇かんらん岩は、その著し

い枯渇ゆえ  $^{18}O$  同位体比をメルト抽出年代と読み替えることができる一方、残存鉍物種や量が限られるため詳細な溶融条件の制約に乏しい。本研究の最重要課題である『太古代枯渇かんらん岩』の分布を把握するため、海嶺軸あるいは断裂帯沿いに採取された海洋底かんらん岩の全岩試料による PGEs を含む微量元素の化学組成分析、および生成年代を把握する為の  $^{18}O$  同位体比分析を行う。全岩分析と平行して岩石記載データから鉍物分離に適した試料をピックアップ、鉍物分離を行う。また、EPMA による鉍物組成分析および鉍物分離された試料の分析など、データの収集を進める。

全岩分析、鉍物分析から得られたデータを総合的に解釈することにより『太古代枯渇かんらん岩』の普遍性を把握し、生成年代や地球化学的性質から溶融条件などを検討、海嶺軸のテクトニクスセッティングによる違いの有無を検証する。

#### 4. 研究成果

一つの大きな大陸地殻(クラトン)が分裂したとされるアフリカ大陸と南極大陸の間に位置する海嶺である南西インド洋海嶺のかんらん岩からは、クラトン下と同様に低い  $^{18}O$  同位体比を持つことが期待される。実際、分析されたかんらん岩のほとんどは、これまで報告されている世界各地の海洋底かんらん岩と同様の  $^{18}O$  同位体比組成の分布を示した。しかしながら、いくつかのかんらん岩は、これまで報告されている一般的な海洋底かんらん岩よりも明らかに低い  $^{18}O$  同位体組成を示した。かんらん岩に含まれる  $^{18}O$  濃集鉍物であるクロムスピネルの  $^{18}O$  同位体比組成は、全岩の  $^{18}O$  同位体比組成と重なるものの比較的低い分布を示した。近隣のクラトンである南アフリカ等では、 $^{18}O$  同位体比がほとんど地球形成時から進化していない、“太古代以前”の枯渇かんらん岩の存在が報告されている。今回の低い  $^{18}O$  同位体比を持つかんらん岩試料も、海洋底かんらん岩としては低い  $^{18}O$  同位体比ではあるものの、クラトンほどの低い  $^{18}O$  同位体比ではなかった。これらの結果は、南西インド洋海嶺下では、古い枯渇マントルとそれほどには枯渇していない普遍的に存在するマントルがどちらも存在している可能性を示唆している。

1 億年より若い太平洋中央海嶺由来の若い海洋プレート上の断裂によって形成された海溝から採取された海洋底かんらん岩は同様に世界各地の海洋底かんらん岩と同様の  $^{18}O$  同位体比組成の分布を示した。しかしながら、全体の傾向としては比較的若めであり、南西インド洋の海洋底かんらん岩よりは  $^{18}O$  同位体比組成のばらつきも少なく、比較的均質な普遍的に存在するマントルに由来していることが推定される。

これらの結果から、『太古代枯渇かんらん岩』は南西インド洋海嶺には存在するものの、

太平洋中央海嶺からはその存在が明らかにはならなかった。このことは、太平洋中央海嶺下に、『太古代枯渇かんらん岩』が存在しないことを確定するものではないが、『太古代枯渇かんらん岩』は大陸分裂の結果として大陸下あるいはそれに由来する場所にそのままとどまっているという可能性が高い。

南西インド洋海嶺でえられた海洋底かんらん岩にしては低い  $^{18}O$  同位体組成を持つ試料に対しては、科学的・鉍物学的な再精査を行い、これらがクラトンに由来するのかわかりかを精査する必要がある。また、本研究から明らかになった、クラトンの分裂後に形成された海嶺軸からは、南西インド洋海嶺と同様に低い  $^{18}O$  同位体比を持つ『太古代枯渇かんらん岩』が存在する可能性が高い。先述したとおり、これらの存在からは、比較的均質な海底地殻を生み出しているという海洋地殻形成プロセスを再考する必要性が生じる。今後は、さらに普遍的な海洋底かんらん岩試料採取を目指し、中央インド洋海嶺、大西洋中央海嶺等のクラトン分裂に由来する海洋底かんらん岩のデータ収集を行って、地球全体の海洋底形成に関する普遍的なプロセス解明を進めていきたい。

#### 引用文献

McKenzie, D. and Bickle, M.J. (1988) The volume and composition of melt generated by extension of the lithosphere. *J. Petrol.*, 29, 625-679.

Niu, YL and Hekinian, R. (1997) Spreading-rate dependence of the extent of mantle melting beneath ocean ridges. *Nature*, 385, 326-329.

Liu, CZ, Snow, JE, Hellebrand, E, Bruggmann, G, von der Handt, A, Bruchl, A, and Hofmann, AW (2008) Ancient, highly heterogeneous mantle beneath Gakkel ridge, Arctic Ocean. *Nature*, 452, 311-316.

仙田量子、石川晃、鈴木勝彦 (2012) 海洋底かんらん岩のオスミウム同位体組成. *岩石鉍物科学*, 41, 211-221.

石川晃 (2012) マントル中の強親鉄性元素にまつわる 3 つの謎. *岩石鉍物科学*, 41, 203-210.

#### 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 3 件)

MIYAZAKI TAKESHI, HANYU TAKESHI, KIMURA JUNICHI, SENDA RYOKO, VAGLAROV BOGDAN STEFANOV, CHANG QING, HIRAHARA YUKA, TAKAHASHI TOSHIRO, KAWABATA HIROSHI, SATO TOMOKI (2018) Clinopyroxene and bulk rock Sr-Nd-Hf-Pb isotope compositions of Raivavae ocean island basalts: Does clinopyroxene record early stage magma

chamber processes? *Chemical geology*, 482, 18-31. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2017.12.015> 査読有り

Senda, R., Shimizu, K., Suzuki, K. (2016) Ancient depleted mantle as a source of boninites in the Izu-Bonin-Mariana arc: Evidence from Os isotopes in Cr-spinel and magnetite. *Chem. Geol.*, 439, 110-119. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemgeo.2016.06.018> 査読有り

Alessio Sanfilippo, Tomoaki Morishita, Ryoko Senda (2016) Rhenium-osmium isotope fractionation at the oceanic crust-mantle boundary. *Geology*, 44, 167-170. doi:10.1130/G37428.1 査読有り

〔学会発表〕(計 4 件)

仙田 量子、鈴木 勝彦、Phase I Science Party The Oman Drilling Project. 海洋下部地殻の白金族元素存在度とオスミウム同位体比: ICDP オマーン掘削試料から. 日本地球惑星科学連合 2018 年大会.

仙田量子、鈴木勝彦. 北九州に産出するかんらん岩捕獲岩の Os 同位体比と白金族元素組成. 2017 年度日本地球化学会年会.

RYOKO SENDA, AKIRA ISHIKAWA, TAKESHI HANYU, HIROSHI KAWABATA, TOSHIRO TAKAHASHI, AND KATSUHIKO SUZUKI. PGE signature of an EM-1 mantle source, evidence from Pitcairn basalts. The 26th Goldschmidt conference, 2016. Yokohama, Japan.

Ryoko Senda, Akira Ishikawa, Takeshi Hanyu, Hiroshi Kawabata, Toshiro Takahashi, and Katsuhiko Suzuki. Pitcairn 玄武岩中の白金族元素存在度と Os 同位体比. 2016 年度日本地球化学会年会. 大阪市立大学.

〔その他〕(計 1 件)

アウトリーチ活動

仙田量子「具体的なモノから見るマントル」第 12 回日本地球化学会ショートコース. 2017 年 9 月 12 日、東京工業大学.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

仙田 量子 (SENDA, Ryoko)

九州大学・比較社会文化研究院・准教授  
研究者番号: 50377991

### (2) 連携研究者

常 青 (CHANG, Qing)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球  
内部物質循環研究分野・技術主任  
研究者番号: 30359195

岩森 光 (IWAMORI, Hikaru)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球

内部物質循環研究分野・分野長  
研究者番号: 80221795