

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 25 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25400515

研究課題名(和文) 東太平洋海膨ヘス・ディーブにおける最下部地殻岩の熱水変質

研究課題名(英文) Hydrothermal alteration of lowermost crustal rocks at Hess Deep, East Pacific Rise

研究代表者

野坂 俊夫 (Toshio, Nozaka)

岡山大学・自然科学研究科・准教授

研究者番号：80252948

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：東太平洋海膨付近のヘス・ディーブから掘削採取された未分化斑れい岩類中に、緑色スピネル、コランダム、ダイアスポアといったアルミナスな鉱物を発見した。これは現世の海洋地殻からは世界で初めての発見となった。岩石学的研究に基づいて、これらの鉱物が拡大軸近傍の酸性高温熱水変質とその後の冷却期に生じたことを明らかにした。また、低温の蛇紋石化作用が、シリカと酸素の活動度の異なる流体の3段階の活動によって進行したことと、磁鉄鉱が高温および低温の複数の変質作用によって形成されたことを明らかにした。いずれも高速プレート拡大軸近傍における熱水活動を理解する上で重要な新知見である。

研究成果の概要(英文)：Green spinel, corundum and diaspore were found in primitive troctolites recovered from Hess Deep, East Pacific Rise. This is the first discovery of these aluminous minerals from the in-situ oceanic crust. Petrological studies revealed that the aluminous minerals were formed by high-temperature acidic hydrothermal fluids and subsequent alteration during cooling of the magmatic lower crustal rocks. In addition, it was revealed that serpentinization took place at three-stage alteration by fluids with variable silica and oxygen activities, and that magnetite formed at multiple stages under high and low temperature conditions. All of these findings are important for further understanding of hydrothermal activities near the fast-spreading axes.

研究分野：岩石学

キーワード：海洋底 下部地殻 斑れい岩 変質 ヘスディーブ 深海掘削

### 1. 研究開始当初の背景

本研究開始直前に実施された統合国際深海掘削計画 (IODP) 第 345 次航海では、コスタリカ沖太平洋底のヘス・ディーブにおいて、斑れい岩類が掘削・採取された。ヘス・ディーブでは過去、ODP 第 176 次航海において下部地殻上部と最上部マントルの掘削がなされており、今回新たに得られた岩石は、それらの中間深度の海洋地殻最下部を構成する岩石である。これら一連の深部起源の岩石は、高速プレート拡大海嶺である東太平洋海膨で形成されたものである。この高速拡大海嶺における海洋地殻の形成過程と熱水変質過程を理解するために、国際共同研究が実施された。

### 2. 研究の目的

本研究の主目的は、東太平洋海膨で形成された海洋地殻最下部の深成岩の岩石学的分析を行い、高速拡大海嶺近傍における熱水変質作用のプロセスを明らかにすることにあった。現世の海洋地殻の多くは高速拡大海嶺に起源をもつが、拡大軸近傍の最下部地殻構成岩を掘削し、熱水変質作用の実態を直接観察した事例は過去にないため、本研究で得られる新知見を、他地域の海洋地殻やオフィオライトの先行研究から得られた知見と比較することにより、海洋底における水 - 岩石相互作用と海洋リソスフェアの進化過程の普遍性と多様性をより深く理解できることが期待された。

### 3. 研究の方法

IODP 第 345 次航海でヘス・ディーブから掘削採取された斑れい岩類の試料について、光学顕微鏡による岩石組織の観察、レーザーラマン分光分析装置による微小鉱物と層状珪酸塩鉱物の同定、電子線マイクロアナライザーによる鉱物の化学組成分析と元素濃度の二次元マッピング、蛍光 X 線分光分析装置および誘導結合プラズマ発光分光分析装置による全岩化学組成の分析を行った。特に、光学顕微鏡、ラマン分光分析、および電子線マ

イクロアナライザー分析の組み合わせによる非破壊分析の手法によって、変質鉱物の形成順序と化学組成変化を明らかにすることができた。さらに鉱物の化学組成と全岩組成の分析値に基づいて、コンピュータによる熱力学的計算を行い、変質作用の温度条件と流体組成の変化の時系列を推定した。また、強磁性鉱物である磁鉄鉱の生成条件を推定し、岩石残留磁気との関連を推定した。熱力学的計算についてはインディアナ大学(米国)と、全岩化学組成分析についてはベルゲン大学(ノルウェイ)と、岩石残留磁気についてはプリマウス大学(英国)などとの共同研究を行った。

### 4. 研究成果

(1)未分化トロクトライト質岩中に、緑色スピネル、コランダム、ダイアスポアといったアルミナスな鉱物を発見した。これは現世の海洋地殻からは世界で初めての発見であり、海洋地殻の実態を理解するうえで大きな貢献となるものである。

さらに鉱物共生と化学組成の解析に基づいて、緑色スピネルは斜長石とかんらん石の変質作用によって生じたものであり、この変質作用が酸性高温熱水によるシリカとカルシウムの溶脱を伴うものであること、その後の冷却期にスピネルが分解してコランダムと緑泥石が生じたこと、さらに低温でコランダムを置換してダイアスポアが生じたことを明らかにした。これらの変質作用は角閃岩相から緑色片岩相の温度条件で、順次おこったものである。特に角閃岩相における熱水性スピネルの生成は、過去に報告例がないという点で興味深く重要な新知見であると同時に、特別な岩相あるいは特別な熱水活動を必要とするものではないため、高速拡大軸の近傍での普遍的現象である可能性がある。緑色スピネルをはじめとするアルミナス鉱物は、生成量も少なく粒径も小さいことから、必ずしも容易に見つかるものではない。しかし、注意深く観察すれば、今後多くの地域で見出される可能性がある。もしアルミナス鉱物が

普遍的に生成しているならば、海洋地殻が普遍的にシリカとカルシウムの溶脱を受けていることを意味する。このことは全地球規模での化学的物質循環を理解する上で、非常に大きな意味を持つものであり、今後の研究の発展が期待される。

(2)本研究ではまた、緑色片岩相以下の低温変質作用が、上部マントルと下部地殻で様相を異にすることが明らかになった。すなわち、斑れい岩中のかんらん石の変質生成物である蛇紋石が、マントルかんらん岩中のものに比べて、多量の磁鉄鉱を伴う一方でブルース石を伴わないことを明らかにした。また斑れい岩における蛇紋石化作用が、シリカと酸素の活動度の異なる流体の3段階の活動によって進行したことも明らかにした。蛇紋石の生成過程は、地下生物圏の拡大や生命の起源に関連している可能性が指摘され、近年特に注目を集めており、本研究で得られた新知見は今後大いに注目されるものと期待される。

(3)さらに本研究では、岩石の残留磁気に影響を及ぼす磁鉄鉱の産状についての解析も行い、この鉱物が高温および低温の変質作用に伴って複数の段階で形成されたことを明らかにした。これは、拡大海嶺で形成された岩石が、プレート運動によって側方へ移動する間に、異なる場所で磁化された可能性を示唆するものである。この発見は、海洋地殻のテクトニックな変動と変質作用の関連性を理解する上で重要な貢献であり、今後の研究の進展が期待される。

#### 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1件)

T. Nozaka, R. Meyer, R.P. Wintsch and B. Wathen (2016) Hydrothermal spinel, corundum and diaspore in lower oceanic crustal troctolites from the Hess Deep

Rift. Contributions to Mineralogy and Petrology, 171, 53 (in press).

DOI 10.1007/s00410-016-1266-4 査読有

〔学会発表〕(計6件)

野坂俊夫・R.P. ウィンチ・R.メイヤー、ヘス・ディーブ・リフト斑れい岩類におけるかんらん石の蛇紋石化作用、日本鉱物科学会2015年会、2015年9月25日~9月27日、東京大学(東京)

A. Morris, A.Horst, S. Friedman and T. Nozaka, Multipolarity remanences in lower oceanic crustal gabbros recovered by drilling at Hess Deep (Integrated Ocean Drilling Program Expedition 345), European Geosciences Union General Assembly 2015, April 12-17, 2015, Vienna (Austria)

T. Nozaka, R. Meyer and R.P. Wintsch Hydrothermal Spinel, Corundum and Diaspore in Gabbroic Rocks from the Hess Deep Rift, IODP Site U1415, American Geophysical Union Fall Meeting, December 15-19, 2014, San Francisco (USA)

野坂俊夫・R.メイヤー・R.P. ウィンチヘスディーブ・リフトのかんらん石斑れい岩類およびかんらん岩類における高温変質作用、日本地質学会第121年学術大会、2014年9月13~15日、鹿児島大学(鹿児島)

T. Nozaka, R.P. Wintsch and R. Meyer Olivine alteration - Part 1: High-T alteration in troctolite, IODP Expedition 345 Second Postcruise Meeting, June 14-16, 2014, Monterey (USA)

野坂俊夫・ボブ・ウィンチ・ロマン・メイヤー・IODP Expedition 345 乗船研究者一同、IODP Site U1415 ヘス・ディーブ・リフトの斑れい岩類に産する緑色スピネルとダイアスポア、日本地質学会第120年学術大会2013年9月14~16日、東北大学(仙台)

〔その他〕

ホームページ等

人類未到の海洋底深部からの岩石の採取と  
分析に成功

[http://www.okayama-u.ac.jp/tp/release/r  
elease\\_id116.html](http://www.okayama-u.ac.jp/tp/release/release_id116.html)

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

野坂 俊夫 (NOZAKA, Toshio)

岡山大学・大学院自然科学研究科・准教授

研究者番号：80252948