

提出日平成19年1月10日

調査航海概要報告書

1. 航海番号／レグ名／使用船舶：KR06-15/かいいい
2. 研究課題名：マリアナ沈み込み帯における蛇紋岩化作用と高压型変成作用の解明
提案者／所属機関／課題受付番号：前川寛和／大阪府立大学／S06-56
3. 首席研究者／所属機関：前川寛和／大阪府立大学
4. 乗船研究者 藤岡換太郎（海洋研究開発機構）、千葉仁（岡山大学）、横瀬久芳（熊本大学）、山本鋼志（名古屋大学）、和田穰隆（奈良教育大学）、長田幸久（大阪府立大学）、平内健一（筑波大学）、佐藤創（熊本大学）、藤本悠太（熊本大学）、前田七生（岡山大学）
5. 調査海域：マリアナ海溝
6. 実施期間：平成18年11月24日～平成18年12月11日

調査航海概要（目的、背景、実施項目や手法、わかったことなど焦点を絞り明確に記入してください。研究上の confidential 事項については記載する必要はありません。）

[研究の背景と目的]

マリアナ海溝西側斜面に位置するマリアナ前弧には、海溝から 30-90 km の間に、無数の海山が分布し、巨大な海山群を形成している。Fryer et al. (1985) で、これらが蛇紋岩よりなる海山であることが紹介されて以来、それらの構成岩、成因、および前弧のテクトニクスに関して注目されてきた。国際深海掘削計画第 125 次航海 (1989) において、蛇紋岩海山の掘削（コニカル海山と鳥島前弧海山）が行われ、マリアナ沈み込み帯の地学現象に関する理解は大幅に深まった。ダイヤモンド山体としての蛇紋岩海山の詳細な成因情報が蓄積され（例えば Fryer, 1996）、沈み込み帯変成作用を示唆する証拠となる高压変成岩類も発見された（Maekawa et al., 1993）。蛇紋岩海山の成因が明らかになる一方で、伊豆一小笠原弧の地震学的な解析が進み、プレート沈み込みによるマンテルウエッジの蛇紋岩化が広範に起こっていることがわかってきた。形成されたプレート境界面上の蛇紋岩領域が地震発生を抑制する可能性が指摘され、マンテルウエッジの蛇紋岩化は地震学的にも注目を浴びている（Kamiura et al., 2002）。ただ、これまでの研究は、ごく一部の蛇紋岩海山を対象として行われており、マリアナ沈み込み帯の地学現象を全面的、包括的に理解するためには、実は、まだほど遠い段階にあると言わざるを得ない。特に、岩石学的、地質学的な側面から蛇紋岩海山全般を対象とした研究はこれまでに皆無で、情報が著しく欠落していた。このような状況の中で、可能な限り多くの蛇紋岩海山を対象にして、岩石学的、地質学的な研究を進め格段の成果を上げるために、本航海を計画するに至った。具体的な研究目的を以下に示す。

(1) 蛇紋岩海山の構成岩の形成条件を求める。蛇紋岩化したかんらん岩については、カンラン岩の初生鉱物を用いて、マンテル滞在時の平衡温度、圧力、冷却速度を求め、形成史を読み取る。蛇紋岩化作用時に形成された蛇紋石鉱物、および鉱物組合せを調べ、蛇紋岩化作用の温度、圧力条件を調べる。

(2) 個々の海山を構成するカンラン岩の違いを明らかにする。マリアナ前弧全体が、岩石学的に均質なのか不均質なのかを明らかにする。蛇紋石鉱物については、予察で海溝から遠い海山のみ高温型のアンティゴライトが含まれることがわかっている。そのような空間的な違いが真に存在するのか、蛇紋岩化作用のある沈み込み境界の深さを反映したものかを明らかにする。

(3) できるだけ多くの高圧型変成岩の回収につとめ、それらをもとに形成条件を求め、マリアナ前弧直下に存在する高圧変成帯の性質を明らかにする。

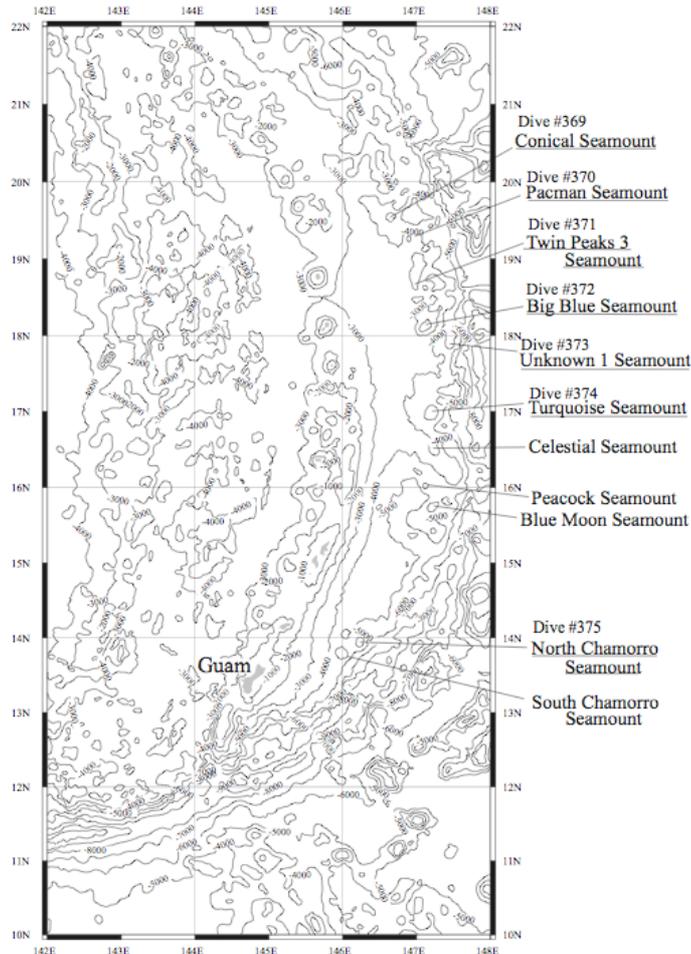
(3) 解像度の高い海底地形図を収集し、それをもとに蛇紋岩海山の成因を地形学的に読み取る。従来の研究は、低解像度の地形図に基づいて行われていたので、今回の調査研究により、高い精度で解析を行う。

(4) 蛇紋岩化したかんらん岩の希土類元素、安定同位体を調べ、その起源、蛇紋岩化作用における元素の挙動、温度条件を求める。(2)の結果を合わせて検討を行い、蛇紋岩化作用のメカニズムを明らかにする。

[KR06-15 航海の調査実施状況]

11月28日に最初の目的地点であるマリアナ北部、コニカル海山の海域に到着し、事前調査の後、潜航を開始した。コニカル海山(Dive #369)は、これまでによく研究されている海山であるが、蛇紋岩化作用を調べるために間隙水を採取する目的でチムニーの多い”Grave Yard”に着底し、MBARI コアラを用いた採泥、倒れたチムニーの採取、蛇紋岩化したかんらん岩の採取を行った。11月29日は、パックマン海山山頂部の潜航を行った(Dive #370)。採取した岩石13個の中には中心部に初生鉱物が多く残っている比較的新鮮なかんらん岩が2個含まれていた。パックマン海山の南側は、これまで地形調査からもれていて空白域になっていたが、今回、地形調査を行い、新たに南北に並ぶ3つの海山があることがわかった。いずれの山も2つのピークをもつことから、仮に、北から順にツインピーク第一、第二、第三海山と呼ぶことにした。3日目の11月30日は、この3つのうちの一番南側の第三海山の潜航を行った(Dive #371)。第三海山は山の半分が断層でまっふたつに切られて消失

しており、潜航では、海山の内部構造を観察するために、その断層による急崖を狙った。採取した25個のうち18個が蛇紋岩で、第三海山が蛇紋岩海山であることが明らかになった。蛇紋石鉱物を解析することで、蛇紋岩化作用に関する新たな情報が得られるものと期待される。12月1日、4回目の潜航は、ビッグブルー海山の東端の尾根で行った(Dive #372)。ビッグブルー海山の山頂から蛇紋岩が崩壊し、重力流としてながれた蛇紋岩フローと考えられていたが、基盤をなすと思われる火成岩が連続露頭をなしており、基盤岩が断層により隆起、沈降した結果、尾根地形を形成するに至った可能性が高いことがわかった。採取した岩石22個のうち15個が火成岩で、蛇紋岩は5個に留まった。12月2日、5回目の潜航は海溝に最も近い海山である細長い形状の海山(アンノウン第一海山：仮称)で行った(Dive



マリアナ前弧における前弧海山の分布
下線は潜航調査を実施した海山を示す

#373)。海山を切る断層崖で内部構造の解明を目的に潜航を行った結果、Dive #372 と同様、火成岩が主体をなすことが明らかになった。採取した 30 個の岩石のうち、21 個が火成岩および火成岩由来の岩石（火砕岩等）、7 個が蛇紋岩であった。この海山は、複数の断層で囲まれた形状をなしており、基盤岩の隆起沈降によって形成されたホルスト岩体である可能性が強い。12 月 3 日、連続して 6 回目の潜航を、ターコーズ海山の山頂部において実施した (Dive #374)。採取した岩石 28 個のすべてが蛇紋岩で、蛇紋岩海山であることを確かめることができた。海山地形の崩壊による二次的な改変から予想していたことではあるが、山頂部表層部のマンガクラストが 1cm 近くに達し、主要な活動を古い時期に終えた蛇紋岩海山であることも確認できた。午後から次第に波が高くなり、この日は潜航調査を 1 時間早く切り上げざるを得なかったが、波は収まる気配はなく、以後 4 日間、潜航調査を実施することはできなかった。その間、可能な範囲で、地形調査を行いつつ徐々に南下した。そのため、当初潜航予定であったマリアナ中央部のセレスチヤル海山、ピーコック海山、ブルームーン海山の潜航調査は残念ながら果たすことができなかった。12 月 8 日、波が収まりつつある状況を見計らって、7 回目、最後の潜航調査を北チェモロ海山において実施した (Dive #375)。回収した 14 個の岩石のうち 12 個が蛇紋岩化したかんらん岩、1 つは変成岩（剪断岩）、1 つは軽石であった。変成岩は激しく剪断された基質の中に径 1-2 cm の岩片が複数入っており、蛇紋岩体中での変成岩の上昇プロセスを解くキーになる可能性があり、大変興味深い。

[航海中に得られた成果]

本航海で潜航調査を行った海山のうち、コニカル海山を除く 6 つの海山からは始めて岩石が回収された。これまでのマリアナ前弧海山の研究は、マリアナ北部のコニカル海山と南部の南チャモロ海山の 2 海山のみで行われていたため、その普遍性には疑問が持たれていた。今回の集中的な岩石採取により、137 個という多数の岩石が得られたことは画期的なことといえ、航海後の研究で、マリアナ前弧及び蛇紋岩海山に関する多くの成果が得られることは疑いないといえる。高圧型の変成岩はこれまで小岩片としてのみ見いだされており、その採取は容易ではない。そのため本航海では、毎回の潜航で、熊手をういた小レキの採取、MBARI による砂泥採取を行ったので、それらから変成岩片が回収できる可能性は高いと思われる。回収された試料を元に、前述の研究目的に添った形で、マリアナ前弧の構成岩の諸性質、蛇紋岩海山の成因解明をめざしたい。

本航海では、2003 年の YK03-07 航海で得られた地形データの空白域を埋めるために地形調査を行い、両者の地形データを統合させることで、精度の高いマリアナ前弧像を浮き上がらせることができた。これまで、マリアナ前弧に分布する高まりを単純に浮力の差により上昇した蛇紋岩ダイアピルによって形成された蛇紋岩海山であると見なす傾向が強かったが、高解像度の地形データが得られ、また潜航調査で構成岩種の同定ができたことで、高まりを成因に基づきタイプ分けすることができるようになった。すなわち、円錐形やドーム形、あるいはその外形を部分的に残した海山は蛇紋岩海山と見なして間違いはないが、そうでない断層系に支配された海山は、隆起沈降によって形成された海洋地殻の一部である可能性が高い。蛇紋岩海山の周辺には、コニカル海山とパックマン海山の間にあるような水深 5000m より深い特徴的なくぼみか蛇紋岩海山と密接して所々に認められる。その成因はこれまで全くわからなかったが、これについても今回の調査で説明可能な段階にまで持ち込むことができた。したがって、本航海によりはじめて、マリアナ前弧を包括的に説明するための下地がつけられたと言える。

今回の航海は、地質学、岩石学、地球化学を主体とする航海であるため、採取した岩石が乗船した研究者にとってのまさに宝の山となる。この宝の山を前にして、いかなる努力を払おうとも、必ずや大きな成果に結びつけたいと決意を新たにす次第である。