

称号及び氏名	博士（理学） 村田 恵子
学位授与の日付	平成21年 9月30日
論文名	「Petrology of serpentized peridotites in the Mariana forearc, western Pacific（西太平洋マリアナ前弧域における蛇紋岩化したかんらん岩の岩石学）」
論文審査委員	主査 前川 寛和 副査 細越 裕子 副査 小川 英夫 副査 石井 和彦

論文要旨

西太平洋に位置するマリアナ前弧には、蛇紋岩化したかんらん岩類が広く露出している。地形上の特徴からホルスト状の高まりとドーム状の海山を区別することができ、ドーム状海山は、沈み込む太平洋プレートを覆う含水堆積物により蛇紋岩化されたウエッジマントルかんらん岩が、浮力を得てダイアピル岩体として海底まで上昇したことにより形成されたと考えられており、マリアナ海溝から西に 50-90 km の限られた領域に分布する。ドーム状海山の構成岩種は、主として枯渇したかんらん岩で、火山岩や深成岩類、およびそれらの低温高压型、高温低圧型の変成岩類を伴う。ホルスト状の高まりは、蛇紋岩化したかんらん岩、ガブロ、島弧性の火成岩類・変成岩類、玄武岩や遠洋性チャートなどの海洋性地殻の岩石から構成されている。本研究では、KR06-15 航海 (2006)、YK03-07 航海 (2003)、ODP (国際掘削計画) Leg 125(1989)、同じく Leg 195(2001) によって得られた岩石試料を中心として、8つのドーム状海山と3カ所のホルストの断層崖から採取した岩石を調査した(図1)。

ダイアピル海山と断層崖から採取したかんらん岩類の多くは、蛇紋石鉱物として低温型のクリソタイルおよびリザダイトを含む。ドーム状海山であるコニカル海山では、高温型のアンティゴライトが見いだされていたが (Shipboard Scientific Party, 1992)、今回の研究により、セレスチャル海山、ビッグブルー海山、南チャモロ海山からもアンティゴライトを含むかんらん岩類が見出された。さらに、アンティゴライトを含むかんらん岩類は、常に cleavable olivine を含み、そのうち、コニカル海山、ビッグブルー海山、南チャモロ海山のかんらん岩からは、鉄に富む二次かんらん石 (Fe_{86-90}) が形成されていることが明らかとなった。このことは、マリアナ前弧において、より深部の高温下で蛇紋岩化作用を受けたかんらん岩類が広く分布していることを示しており、沈み込み帯内部の温度構造を解明する上で、きわめて重要である。

鉄に富む二次かんらん石は、初生かんらん石 (Fe_{90-92}) の周縁部や劈開に沿って不規則に認められる(図2A)。

鉄に富むかんらん石は、アンティゴライトと針状の変成透輝石を伴うことで特徴づけられ、アンティゴライト、透輝石、かんらん石の共生は、かんらん岩が 450℃ – 550℃の蛇紋岩化作用を経験したことを示している。

コニカル海山、南チャモロ海山の鉄に富むかんらん石を含むかんらん岩のかんらん石から、鉄に富むストライプ ($Fe_{0.86-89}$) が見出された。ストライプの幅は、0.5-2.0 μm である。初生かんらん石 ($Fe_{0.90-92}$) は激しく変形し、しばしばキンクバンドや波状消光が認められる。かんらん石結晶中のストライプ組織の分布には偏りがあり、アンティゴライトが鋭く貫いている初生かんらん石の周縁部の劈開において発達しているが、結晶内部では発達していない (図 2B)。また、鉄に富むストライプの間の鉄が少ない部分は、組成的に均質なかんらん石と比較して、僅かに $X_{Mg} [= Mg/(Mg+Fe^{2+})]$ が少なく鉄に富む。このことは、鉄に富む流体が浸透し、特に垂結晶粒界に鉄成分が濃集し、ストライプ・パターンが形成されたことを

明瞭に示している。上述のように、鉄に富むかんらん石および鉄に富むかんらん石のストライプは、その分布に偏りがあることから、アンティゴライト形成に伴う蛇紋岩化作用時の鉄に富む流体によって形成されたと考えられる。

本研究では、かんらん石–スピネル温度計を用いて、マリアナ前弧域のかんらん岩、大西洋中央海嶺、東太平洋のヘスディーブおよびトンガ前弧から得られたかんらん岩の冷却履歴を調べた。その結果、マリアナ前弧域、大西洋中央海嶺、ヘスディーブのかんらん岩については、スピネルの粒径と温度との間に明瞭な相関関係が認められ、冷却履歴を見積もることができた。マリアナ前弧域のかんらん岩からは、 $10^{-5} - 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}/\text{年}$ 、 $800^\circ\text{C} - 600^\circ\text{C}$ の冷却履歴が見積もられ (図 3A)、これは、太平洋プレートがフィリピン海プレートの下に沈み込むことによってマントルウェッジが徐々に冷却され、最終的に温度構造が定常化するまでのプロセスを反映している可能性がある。一方、大西洋中央海嶺のかんらん岩は $10^{-3} - 10^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}/\text{年}$ 、 $900^\circ\text{C} - 700^\circ\text{C}$ 、ヘスディーブは $10^{-3} - 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}/\text{年}$ 、 $830^\circ\text{C} - 660^\circ\text{C}$ の冷却履歴が見積もられた (図 3B)。これらの結果は、マリアナのかんらん岩と比較して高温かつ速い冷却速度を示している。この冷却履歴は、熱い海嶺軸からの拡大プロセス、もしくは上部マントルからの上昇プロセスを反映している可能性がある。

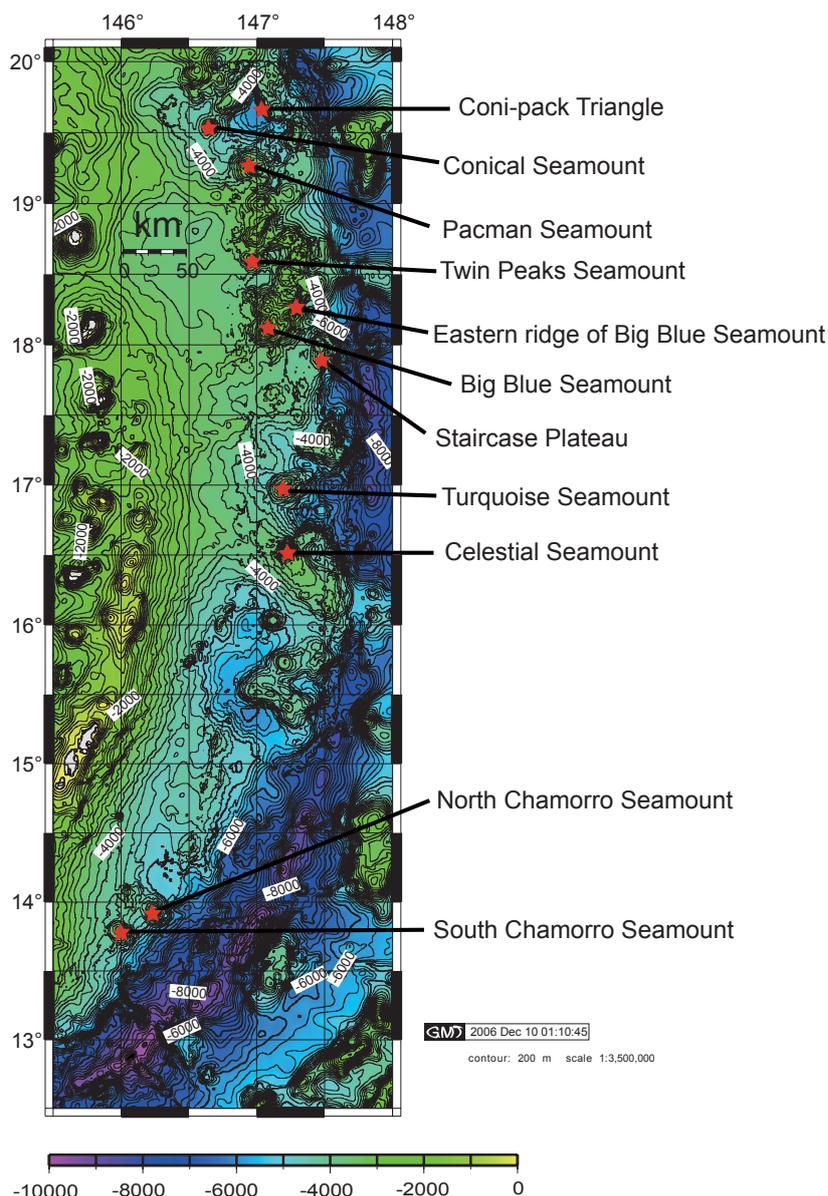


図 1. マリアナ前弧域の地形図 (研究対象の蛇紋岩海山とホルストブロックを示す)。

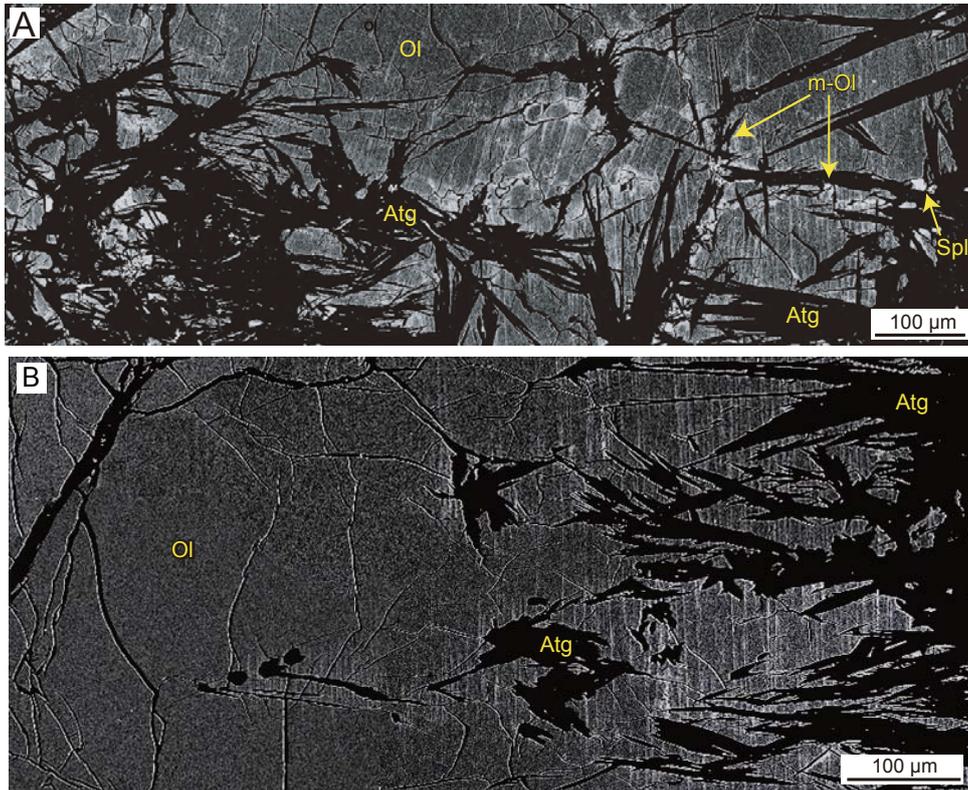


図 2. かんらん石の反射電子像(コニカル海山 779A-10R-1, 39-43 cm)。(A) 初生かんらん石(暗い部分)の中の鉄に富む二次かんらん石(明るい部分)。鉄に富む二次かんらん石は、初生かんらん石を不規則に置換しており、流体の通り道に沿って発生しているように見える。(B) 鉄に富むストライプは、アンティゴライトが貫いている初生かんらん石の周縁部分に発達している。(Ol;かんらん石、m-Ol; 二次かんらん石、Atg; アンティゴライト、Spl; スピネル)

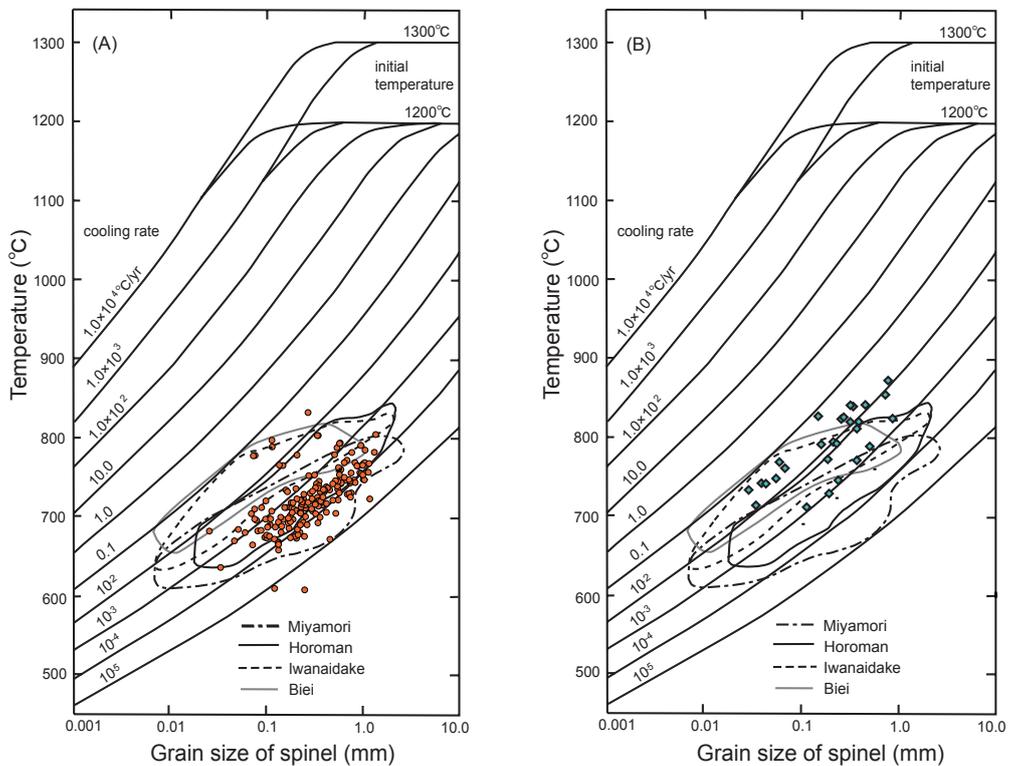


図 3. 推定温度とスピネルの粒径の関係。冷却速度の計算値及び陸上のかんらん岩の領域は Ozawa (1984) による。(A) マリアナ前弧域。(B) 大西洋中央海嶺とヘスディープ

審査結果の要旨

マリアナ島弧－海溝系は、太平洋プレートのフィリピン海プレート下への沈み込みによって形成され、初期段階の島弧形成の現場として第一級の研究価値をもつ。マリアナ海溝と西方の火山フロントとの間のマリアナ前弧域には延長 2000 km におよぶ巨大な海山群が分布する。それぞれの海山は、蛇紋岩化したマントル由来のかんらん岩からなり、その特徴から、沈み込むプレートがウエッジマントルに水を供給し、かんらん岩が低密度の蛇紋岩に変化することで浮力を得て上昇、海底面に噴出して形成されたと考えられる。ウエッジマントルの蛇紋岩化作用が進行している場合は、プレート境界地震の発生場でもあり、地震学的にも注目されている。マリアナ島弧－海溝系において、蛇紋岩の形成履歴、沈み込み帯内部の水を主とする流体の振る舞いなどの問題を解明することは、沈み込み帯における地殻変動の全貌を理解する上で鍵となりうる。

本研究では、マリアナ前弧の 8 つの海山と 3 ヶ所のホルスト断層崖から採取されたかんらん岩類を研究対象に詳細な岩石学的解析を行い、①部分溶融により玄武岩成分に枯渇したハルツバージャイト、ダナイトからなるとされてきたマリアナ前弧のかんらん岩類が、より初生マントルに近いレルゾライトを含むことを発見した、②蛇紋岩化作用に関して、高温型の蛇紋石鉱物であるアンティゴライトを 4 つの海山から見出し、マリアナ前弧においてアンティゴライトが稀ではないことを明らかにした、③劈開の発達したかんらん石 (cleavable olivine) が、アンティゴライトを含むかんらん岩にしばしば認められること、さらに、それらの岩石には鉄に富む二次かんらん石が形成されることがあることを明らかにした。①はウエッジマントルの不均質性を示しており、島弧火成作用における部分溶融過程を解明する上で重要な発見といえる。ウエッジマントルでは、従来、低温下での蛇紋岩化作用しか報告がなかったが、②と③では、高温の蛇紋岩化作用がマリアナ前弧直下で普遍的に起こっていることを示した。特に、鉄に富んだ二次かんらん石の発見は世界的に見ても例が無く、その成因を蛇紋岩化作用を引き起こした流体に結びつけて詳細に解析した点は高く評価できる。総じて②と③は、これまでほとんどわかっていなかったウエッジマントルの蛇紋岩化作用についての大きな進展を促す成果であり、プレート境界面でおこる地震発生メカニズムを解明する上でも、貢献する成果であるといえる。

これまでのマリアナ前弧におけるかんらん岩の研究は、岩石採取の困難さから、狭い調査範囲で採取した試料に基づく研究に留まっていた。本研究は、本格的かつ系統的なかんらん岩の最初の岩石学的研究といえ、その点で、今後のさらなる研究成果が期待される。

審査委員会は、論文原稿を検討した結果、学位論文として十分な内容を有しているものと判断した。