

氏 名	阿 部 なつ江
生 年 月 日	
本 籍	神奈川県
学 位 の 種 類	博士（理学）
学 位 記 番 号	博甲第219号
学 位 授 与 の 日 付	平成9年3月25日
学 位 授 与 の 要 件	課程博士（学位規則第4条第1項）
学 位 授 与 の 題 目	Petrology of mantle xenoliths from the arcs : implications for petrochemical evolution of the wedge mantle (島弧マントルかんらん岩の岩石学：ウェッジマン トルの岩石化学的進化に関して)
論 文 審 査 委 員	(主査) 荒 井 章 司 (副査) 田 崎 和 江, 石 渡 明 寅 丸 敦 志, 圀 本 尚 義

学位論文要旨

ABSTRACT

The sub-arc peridotite xenoliths from four arcs, Northeastern and Southwestern Japan, Kuril-Kamchatka and Luzon-Taiwan arcs, are examined petrologically and geochemically in detail. Their textures indicate that the arc peridotites are basically classified into three types, fine-grained slightly deformed equigranular type, coarse-grained equigranular to porphyroclastic type and relatively deformed porphyroclastic type. Mineral chemistry of the arc peridotites for major elements is closely correlated with their texture to some extent.

The clinopyroxenes in peridotite xenoliths from the arcs are clearly different from those in abyssal peridotites and the peridotite xenoliths from other tectonic settings. Their $(Ce/Yb)_N$ varies widely. On the other hand the Ti/Zr weight ratio is rather constant in the whole samples examined, around 100. Clinopyroxenes in the arc peridotite xenoliths are intermediate in Ce and Sr contents, and $(Ce/Yb)_N$ and Ti/Zr ratios between those from abyssal peridotites and those from other settings. Furthermore the most fertile group of arc peridotites are similar in the clinopyroxene chemistry to the most fertile group of abyssal peridotites. The geochemical characteristics of arc mantle peridotites had been established by kind of partial melting promoted by influx from subducted slab, to have constant chemical characteristics due to regional mantle wedge process.

1. 序章

島弧から得られるかんらん岩捕獲岩は、ウェッジマンタルの情報を直接提供してくれる唯一のサンプルである。狭義の島弧マグマ（カルクアルカリ系列マグマ）がマントルかんらん岩を捕獲している例は、東北日本弧の目湯火山（Kuno, 1967；Aoki and Kuno, 1970；阿部ほか, 1992, 1995など）、渡島大島（二ノ宮・荒井, 1992）、フィリピンのバタン島（Vidal et al., 1986）とカムチャツカ半島のAvacha火山など、日本列島周辺の環太平洋西部地域に数カ所の報告例があるのみである。本研究では、これら狭義の島弧マグ

マ中のかんらん岩捕獲岩の他に、西南日本弧のアルカリ火山岩類中に捕獲されているかんらん岩捕獲岩を系統的に分析した。特に構成鉱物である単斜輝石については、二次イオン質量分析計 (SIMS; 東京工業大学理学部) を用いてその化学組成を測定し、岩石の組織と対応付けた分析がなされた。東北日本弧 (目黒火山)、西南日本弧 (黒瀬, 福岡県; 川下, 野山岳, 島根県; 男山, 岡山県)、千島-カムチャツカ弧 (アバチャ火山) およびルソン-台湾弧 (イラヤ火山, バタン島) の7カ所から得られた51個のかんらん岩捕獲岩についてSIMSを用いた。

2. 岩石記載

目黒火山から得られるかんらん岩捕獲岩は、その組織から次に3タイプに分類される。(1) 比較的細粒で、あまり変形しておらず、ほぼ等粒状組織を示す (タイプI)。(2) やや粗粒・等粒状~ポーフイロクラスティック組織を示し、直線的な鉱物粒界やトリプルジャンクションが見られ、かんらん石にはキンクバンドが見られるものもある (タイプII)。(3) 細粒でポーフイロクラスティック組織を示し、ポーフイロクラスト (かんらん石および斜方輝石) は、キンクバンドが顕著に発達している (タイプIII)。この分類は、他のテクトニックセッティング (海洋島, 大陸地域) から得られるかんらん岩捕獲岩に用いられる基本的な分類 (Mercier and Nicolas, 1975) とは異なっている。

男山のかんらん岩捕獲岩はすべてレールズライトで、組織は細粒・等粒状であり、目黒火山のタイプIかんらん岩に類似する。黒瀬のかんらん岩捕獲岩は、単斜輝石に乏しいレールズライトからハルツバージャイトである。組織は等粒状からポーフイロクラスティック組織を示し、やや粗粒で、目黒火山のタイプIIかんらん岩に類似する。川下と野山岳のかんらん岩は、単斜輝石の多い (20Vol% 以上) のレールズライトから、単斜輝石の非常に少ないハルツバージャイトまで幅広く変化する。その組織は、目黒火山のかんらん岩ともものと多少異なり、粗粒で、プロトグラニューラーからポーフイロクラスティック組織を示す。この組織はMercier and Nicolas (1995) の基本分類に類似する。

一方、アバチャ火山およびイラヤ火山のかんらん岩捕獲岩は、単斜輝石に非常に乏しいハルツバージャイトで、ポーフイロクラスティック組織を示すもの (C-type) と、他の産地のかんらん岩捕獲岩に見られる一般的な組織とは全く異なる特異な組織を示すもの (F-type) に分類される。F-type かんらん岩は、非常に細粒 (粒径0.1mm程度) で塵状包有物を多く含むかんらん石と、針状 (または放射状) の斜方輝石を持つ。この組織は、流体を伴った再結晶作用によって形成されたと考えられる。イラヤ火山のかんらん岩についての詳しい岩石記載は、Arai et al. (1996) にある。

3. 鉱物化学組成

構成鉱物の主要元素組成にも、これらの組織上の違いは反映されている。タイプIのかんらん岩は、そのスピネルの $Cr\# (=Cr/(Cr+Al) \text{ 原子比})$ が低く、ほぼ0.25以下である。タイプII中のスピネル $Cr\#$ は0.25~0.40。タイプIII中のスピネルは0.40以上で最も高く、タイプIIIのかんらん岩は枯渇度 (メルト抽出程度) が最も高いと考えられる。

男山のかんらん岩はスピネルの $Cr\#$ が低く (<0.25)、目黒火山のタイプIにほぼ相当する。黒瀬のかんらん岩の殆どはスピネルの $Cr\#$ が0.25-0.40の範囲にあり、目黒火山のタイプIIに相当する。川下及び野山岳かんらん岩中のスピネルは $Cr\#$ が0.1から0.7まで幅広く変化する。アバチャ火山およびイラヤ火山のかんらん岩中のスピネル $Cr\#$ はすべて0.5以上 (0.7まで) と非常に高く、島弧から得られるかんらん岩捕獲岩中で最も高い値を示している。

4. 議論

男山のかんらん岩捕獲岩は、等粒状・細粒で、そのスピネルのCr#はほぼ0.25以下であり、目潟火山のタイプIかんらん岩に相当する。黒瀬のかんらん岩捕獲岩は、やや粗粒で、等粒状からポーフィロクラスティック組織を示し、スピネルCr#は殆どが0.25-0.40であり、目潟火山のタイプIIかんらん岩に相当する。川下と野山岳のかんらん岩の組織は、目潟火山のかんらん岩ともとの多少異なるが、変形度とスピネルのCr#との間には相関があり、変形度が増すほど、スピネルCr#（かんらん岩の枯渇度）は高くなる。

一方、アバチャ火山およびイラヤ火山のかんらん岩捕獲岩はスピネルのCr#が高く、目潟火山のタイプIIIに相当する。そして単にポーフィロクラスティック組織を示すもの（C-type）と、再結晶の進んだもの（F-type）に分類される。この両方で比較するとF-typeのほうがスピネルのCr#が高く、LREEにも富んでいる。

これらのサンプル中の単斜輝石の（希土類元素を含む）微量元素組成は、共存するスピネルのCr#と共通の相関がある。Ti、Zr及び重希土類元素（HREE）であるYb含有量は、共存するスピネルのCr#が高くなると減少し、Srと軽希土類元素（LREE）であるCe含有量、およびLREE/HREE ((Ce/Yb)_N比；下付きNはコンドライトで規格化したことを示す) およびTi/Zr重量比は、共存するスピネルのCr#が高くなるに連れ、やや上昇するかほぼ一定である。また、島弧かんらん岩中の単斜輝石は、海洋底かんらん岩や他のセッティングから得られるかんらん岩捕獲岩中のものとは、明らかに区別される（Fig. 1）。これらの証拠は、島弧かんらん岩は単純なメルト抽出でかんらん岩が形成されたものではないことを示している。また、コンドライト規格化希土類元素パターン（REEパターン）からも、これらが単純なメルト抽出ではその成因が説明できないことが分かった。枯渇度の高いかんらん岩のREEパターンは、HREEに枯渇し、LREEに富む左上がりかやや平らなパターンを示す。このようなREEパターンは、単純なマントル交代作用でも作り得ず、Ozawa and Shimizu (1995) が提唱するインフラックス・メルティングによってのみ説明できると思われる。

鉍物/メルト分配係数から、本研究に用いられたサンプルと共存するメルト/流体（インフラックス物質）の化学的特徴を推定すると、それは、Schiano et al. (1995) が報告しているイラヤ火山のかんらん岩捕獲岩中（かんらん石中）の流体包有物の化学的特徴とほぼ一致する（Ti/Zr比=40程度、(Ce/Yb)_N比=20程度）。Schiano et al. (1995) によると、そのような流体包有物の化学組成は、沈み込むスラブから放出されたメルト/流体（実験的に求められている）とほぼ等しい。

これらのことから島弧のかんらん岩捕獲岩は、スラブ放出流体/メルトによるインフラックス・メルティングによって、化学的に特徴づけられいると結論付けられる。

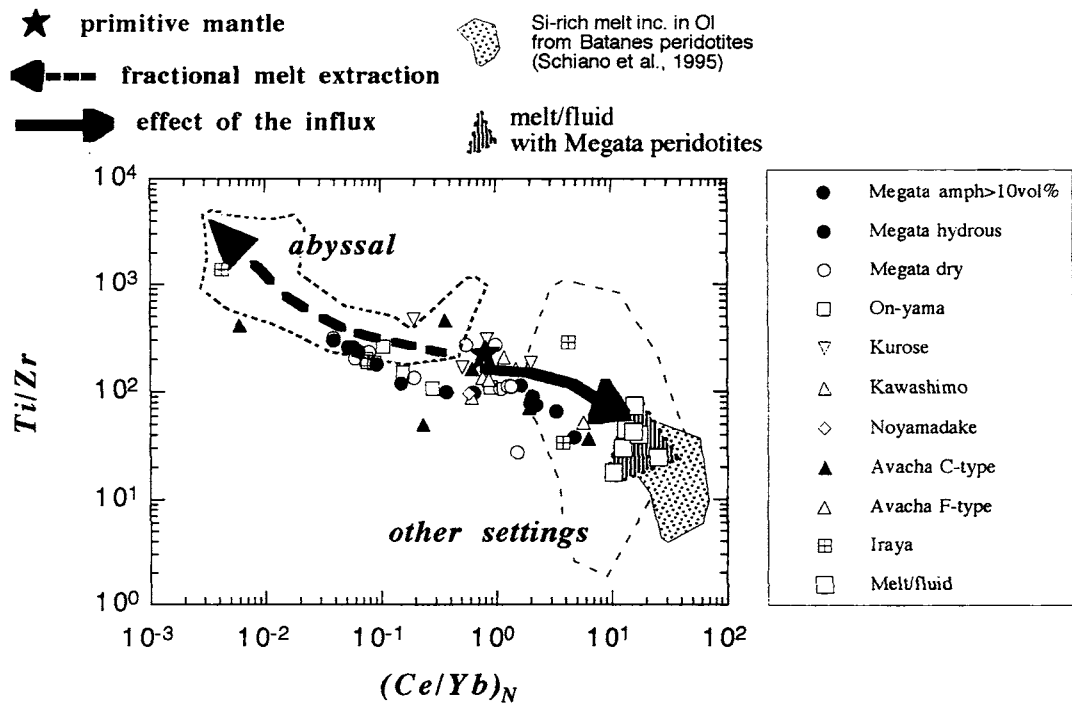


Fig. 1 Relationships between Ti/Zr and (Ce/Yb)_N in clinopyroxenes from the arc mantle peridotites. The trend of the arc peridotites can be explained by a melt extraction combined with influx addition. The composition of influx added may be similar to that of Si-rich melt inclusion in Iraya peridotite xenoliths (Schiano et al., 1995) or of melt/fluid calculated to be in equilibrium with Megata peridotites in this study. Primitive mantle is after Sun (1982)

学位論文の審査結果の要旨

2月5日の口頭発表後、審査委員会を開催し提出論文につき討議し、以下のような結論を得た。

本論文は島弧の下の上部マントル（ウェッジ・マントルという）の岩石学的、地球化学的性質を明らかにし、その成因を考察したものである。この種の研究には、起源（出所）の明らかな試料を入手できることが決定的に重要である。従って、大陸地域や海洋底のマントルの性質の解明は進んでいる。しかるに、島弧ではかんらん岩捕獲岩そのものが比較的まれであり、その岩石学・地球化学的研究は行われていなかった。阿部なつ江さんは指導教官の協力を得て、日本列島各地、ルソン弧およびカムチャッカ弧のマントル起源のかんらん岩試料を確保し、詳細な検討を行った。その結果以下のことが判明した。(1) ウェッジ・マントルはしばしば加水作用（交代作用を伴う）を被っている。(2) 組織に依存した組成変化がある。(3) 単斜輝石の微量元素組成などの地球化学的性質は海洋マントルと大陸マントルの中間的である。(4) 海洋マントルが単純なメルトの除去で形成されるのに対して、ウェッジ・マントル物質は流体の付加を伴うメルトの除去（＝フラックス溶融作用）を経験している。(5) 付加された流体の組成は島弧を問わずほぼ一様である。

これらの成果は島弧マントルの性質を明らかにしたのものとして高く評価できる。特に(3)～(5)の指摘は世界で初めてであり画期的な成果である。定量的モデルが得られていないのはやや残念ではあるが、博士（理学）を与えるのに問題ない内容を有すると判断した。