

海洋地殻下部斑れい岩に産する Cr-spinel 中の鉱物包有物の起源：大西洋中央海嶺 IODP Site U1309 の例

Origin of chromian spinel-hosted polymineralic inclusion from oceanic lower crustal gabbros, IODP Site U1309, Mid-Atlantic Ridge

武田 史明 [1]; # 前田 仁一郎 [2]; 山崎 徹 [3]; 塚本 尚義 [4]

Fumiaki Takeda[1]; # Jinichiro Maeda[2]; Toru Yamasaki[3]; Hisayoshi Yurimoto[4]

[1] 北大・理・自然史; [2] 北大・理・自然史科学; [3] 産総研・地質情報研究部門; [4] 北大・理

[1] Natural history, Hokkaido Univ.; [2] Dept of Natural History Sci., Hokkaido Univ.; [3] AIST; [4] Natural History Sci., Hokkaido Univ.

大西洋中央海嶺北緯 30 度の IODP Site U1309 (Blackman et al. 2006) で採取された苦鉄質-超苦鉄質深成岩中 (olivine-rich troctolite) の Cr-spinel に液相濃集元素に富む鉱物の包有物が見いだされた。包有物を含む spinel は、厚さ約 1400m の斑れい岩層の中で olivine-rich troctolite (多量の自形/粒状の olivine の粒間を他形の plagioclase, clinopyroxene が埋める典型的な集積岩) と呼ばれる岩相に限って産出している。包有される鉱物は、pargasitic amphibole, Na-phlogopite (K-phlogopite の離溶ラメラを含む), orthopyroxene, albite, olivine, clinopyroxene, apatite, oxide minerals および sulfide minerals などである。olivine と clinopyroxene (一部の試料では sulfide) 以外の鉱物は、olivine-rich troctolite 中では spinel 中の包有物としてのみ出現する。

同様の鉱物組み合わせを持つ spinel 中の包有物は、中央海嶺系では非常に産出が限られている。これまで報告がなされているのは、EPR の Hess Deep (Arai & Matsukage 1996) のみであったが、最近 Site U1309 から産出が確認された (Tamura et al. 2008; Suhr et al. 2008; 本研究)。包有物の成因について Arai & Matsukage (1996) は、溶け残りカンラン岩と未分化メルトとの反応を想定し、その過程で起こる zone refining 効果 (Kushiro 1968) によって液相濃集元素に富むメルトが生成されると提案しているが、プロセスについての具体的な説明は行われておらず、実証的なモデルとは言えない。本研究では包有物の生成プロセスと液相濃集元素の起源を解明することを目的に包有物の詳細な記載、構成鉱物の主要元素組成分析、SIMS による微量元素組成分析を行った。包有物は silicate が卓越し、その形態から晶出順序も読み取れることから、基本的に silicate melt が固結したものと考えられる。構成鉱物の組成と量比から見積もられた包有物の bulk 組成は Na, K, Ti, P, REE, Zr, Hf, H₂O などの液相濃集元素に富み、未分化 MORB とは全く異なる組成のメルトの存在を示す。このことは、平衡共存メルトの捕獲という包有物一般に適用されるモデルでこの包有物の生成を説明することが困難であることを示している。そこで本研究では、Ballhaus (1998), Matveev & Ballhaus (2002) の実験研究に基づいた新たな包有物生成モデルの提案を試みる。

包有物の bulk 組成から Giordano et al. (2008) の方法によって計算されるメルトの粘性は、母岩の olivine-rich troctolite を生成した未分化メルトよりも大幅に低かったことが想定される。Ballhaus (1998) や Matveev & Ballhaus (2002) は、メルトの重合度 (粘性) が異なる 2 種類のメルトが接触した場合に、直ちに均質化せずに、重合度の低いメルト側に spinel が濃集することを実験的に証明している。この実験結果から、天然においても、多量の未分化マグマと微量の液相濃集元素に富むメルトが接触・混合した際に、後者は一定期間 droplet 状に存在し、その周囲で spinel の核形成と成長が集中的に起こるというモデルが想定される。Site U1309 の包有物において、同一試料中の比較的近接する 2 つの spinel 粒子中の amphibole の微量元素組成が大きく異なることが判明したが、微小な droplet が未分化メルト中に多数存在したことを想定するこのモデルと調和的である。

さて、上記の包有物生成モデルが成立するならば、液相濃集元素に富んだメルトの由来を別途特定する必要がある。極度に結晶分化をしたメルトあるいは未分化マグマの貫入・定置に伴う壁岩の極少量の部分溶融メルトが想定されるが、小規模なマグマの断続的な貫入が想定される海洋地殻下部においては、より普遍的なプロセスと考えられる後者が妥当だと思われる。しかし、海洋地殻下部に最も普遍的に産するかんらん石斑れい岩の部分溶融実験では Ti 含有量の低いメルトしか生成されないため (e.g., Koepke et al. 2004), 包有物に認められる Ti, P や Zr 等の元素の濃集のためには、それらに富む相を含む源岩が必要である。Site U1309 構成岩でそれらの鉱物相を含むものは oxide gabbro と呼ばれる岩石のみであり、これが源岩であった可能性が最も高い。

Spinel 中の鉱物包有物は、これまで大陸地殻内層状貫入岩体やオフィオライトなどから多くの産出例があり、非常に類似した鉱物の組み合わせや組成を有していることが知られている。このことは、包有物生成には産出地域に関わらず共通のメカニズムが関与していることを示しており、本研究で提案した液相濃集元素に富むメルトの周囲に spinel が必然的に濃集するというモデルがそれにあたりと期待される。