

クロマイトスピネル中の Cr-Al の拡散

Cr-Al diffusion in chromite spinel

鈴木 彩子[1]; 安田 敦[2]; 小澤 一仁[3]

Ayako Suzuki[1]; Atsushi Yasuda[2]; Kazuhito Ozawa[3]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] 東大地震研; [3] 東大・理系・地惑

[1] Earth Planet. Sci., Univ. Tokyo; [2] Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo; [3] Univ. Tokyo, EPS

はじめに

スピネルは、上部マントル以浅の幅広い温度・圧力条件下で安定な鉱物であり、かんらん岩、貫入岩、火山岩、隕石などさまざまな岩石中に含まれている。これまでに天然の岩石から、スピネル中の陽イオンの累帯構造が報告されており、その累帯構造が形成された要因として、温度履歴を反映しているもの (Ozawa, 1984 ほか) や、変形履歴を反映しているもの (Ozawa, 1989) が指摘されている。そのため、スピネルの拡散係数は、その岩体や鉱物のたどった温度履歴・変形履歴の時間要素の解明のために重要な情報となる。しかし、スピネル中の陽イオンの拡散係数は、2 価の Fe-Mg については、Freer & O'Reilly (1980), Liermann & Ganguly (2002) などの実験による報告があるが、3 価の Cr-Al については、まだ決定されていない。そこで今回、MgAl₂O₄ スピネルとクロマイトの拡散対を用いて、Cr-Al の相互拡散係数を求めた。

実験方法

実験は、東京大学地震研究所のマルチアンビル型超高压発生装置を用いて行った。出発物質の拡散対としては、ミャンマー産のスピネル (MgAl₂O₄, Cr/(Cr+Al)=Cr#=0.006-0.02) と、北海道枝幸産のクロマイト ((Mg,Fe)(Cr,Al)₂O₄, Cr#=0.87-0.93) を用いた。双方共に{111}面から成る自形の 8 面体結晶である。これらの{111}面の 1 つをコロイダルシリカで研磨して、直径 1.5mm、高さ 1mm 前後の円柱状にくりぬき、2 つの結晶を、研磨面が接する向きで接触面に隙間ができないようにしてカーボンのカプセルに入れた。サンプル全体での拡散方向の長さは、約 2mm である。ヒーターのアセンブリは、Yasuda et al. (1990) に従っており、サンプル内での温度勾配は、1500 度 C で 15-20 度 C 程度と計測されている。実験は、まず圧力一定の下で、温度条件と拡散時間を変えて行った。実験後、回収したサンプルは、EPMA によって面分析およびライン組成分析を行い、EBSD を用いて結晶方位を確認した。

結果

EPMA による面分析では、接触面近辺で接触面に平行な等濃度線が認められ、それ以外の場所では、たとえば結晶とヒーターの境界近傍などでの濃度変化が認められなかったため、粒界拡散の影響はほぼないと考えられる。接触面に対して垂直方向 (ほぼ <111> 方向) にライン分析を行ったところ、Cr, Al, Fe²⁺, Fe³⁺, Mg の全てに組成変化が認められた。このうち Fe²⁺ と Mg²⁺ は Cr, Al, Fe³⁺ に比べて 3 倍程度に拡散が及んでいた。Cr-Al の拡散プロファイルはほぼ相補的であり、また、クロマイト側とスピネル側で非対称となっていることから、相互拡散係数に組成依存性があると考えられる。

Boltzman-Matano の解析法を用いて Cr-Al の相互拡散係数を求めたところ、クロマイト側の相互拡散係数の方がスピネル側よりも大きく、クロマイト側からスピネル側に向かって単調に減少することがわかった。3GPa, 1600 度 C, 50 時間の実験の結果では、相互拡散係数は、Cr#が 0.1 から 0.85 まで変化するのに伴って、1 桁以上の変化を示した。Cr と Al それぞれの自己拡散係数が組成依存性をもたずに一定であると仮定すると、この相互拡散係数の違いから、Al の自己拡散係数が Cr より 1 桁以上大きいことが示唆される。この Al と Cr の自己拡散係数の違いは、Ozawa (1989) で示された、かんらん岩中で変形したクロマイトの Cr-Al の累帯構造が拡散クリープによって形成されたことと調和的である。