

ダナイトにおける粒界移動

Grain boundary migration in dunite

大内 智博 [1]; 中村 美千彦 [1]

Tomohiro Ohuchi[1]; Michihiko Nakamura[1]

[1] 東北大・理・地球惑星物質科学

[1] Inst. Mineral. Petrol. Econ. Geol., Tohoku Univ.

岩石の鉱物粒径は高温高压下における岩石流動を支配する重要なパラメーターの一つである。粒成長は動的再結晶とともに地球内部における鉱物粒径を支配するプロセスの一つであり、岩石流動を理解する上で重要である。

これまでに、単一相および二相以上からなる岩石における粒成長実験が多数なされており(例えば Tullis and Yund, 1982; Yamazaki et al., 1996), 粒成長の律速過程やメカニズムは、それにより得られる粒成長係数 n の値や粒径分布の形状から推定されてきた(例えば Faul and Scott, 2006)。しかしそれらの情報のみから律速過程やメカニズムを正確に把握するのは困難であり、そのためには一般的な粒成長実験を行うのではなく、粒界移動を直接観察するような実験が有効である。そのため最近では、EBSD を用いて岩塩での個々の粒界移動の様子を直接観察するといった試み (Bestmann et al., 2005) などの 'その場' 観察がなされてきている。しかしこのような 'その場' 的手法を高圧実験に適用するのは困難である。一方、粒界移動に対してトレーサーとなりうる元素の分布を回収試料において観察することで、実験期間内における粒界移動の様子を推定することが可能である(例えば Nakamura, et al., 2005)。この手法は 'その場' 観察ではないものの、高压下における粒界移動の様子を理解する上で有効である。

そこで本研究では、高压下におけるダナイト(かんらん石一相)の通常粒成長における粒界移動を、トレーサー元素の拡散を利用して観察する実験を行った。本研究においては、含水条件下において試料外部から内部へトレーサー元素(Ni)を拡散させることで、トレーサー元素が粒界に選択的に分布するようにした。これは、含水条件下での粒界および流体相経由のNiの拡散が格子拡散よりも数百倍程度速い(例えば Watson, 1991)ことによる。さらに、かんらん石に対して適合元素であるNiをトレーサー元素として用いることで、粒界移動が起きてもトレーサー元素の粒界偏析を防ぐようにした。これにより、粒界に掃かれた部分はNi濃度の高い部分として識別できることが期待される。

実験は、ピストンシリンダー型高压発生装置を用いて 1200 degC, 1.2GPa 一定条件下で 100-763 時間の間行った。出発物質は Mg-Si 系のゲルを用いた。予め乾燥させておいた出発物質を Pt で内張りした Ni カプセル(トレーサー元素の拡散源)に封入した上、1.0-1.5 wt.% の蒸留水を加えて実験を行った。回収試料は切断・研磨し、エッチング処理を行った上で、SEM を用いて組織の観察を行った。トレーサー元素の分布および濃度は WDS を用いて定量した。

今回の実験条件下におけるダナイトにおいては、Ohuchi and Nakamura (in revision) によって報告されているのと同様に通常粒成長が進行した。回収試料中での Ni の濃度分布は粒界の分布に対応していた。粒界移動が全く起きなかった場合には、Ni は粒界を軸として対称的な濃度分布を示すことが期待される。しかしそのような Ni の濃度分布を示す粒界は少なく、多くの粒界での Ni の濃度分布は非対称であった。これは Ni の粒界拡散が進行するのと同時に粒界移動が進行したことにより、非対称な Ni 濃度分布になったことで説明される。それぞれの粒界における、粒界を軸とした Ni 濃度分布から、全粒界の平均的な移動速度は 2.3×10^{-6} (um/s) と得られた(実験期間が 763 時間での場合)。この値は、Ohuchi and Nakamura (in revision) によって報告されている粒成長係数 n (7.2) および速度定数 k ($10^{8.48}$ um^{7.2}/h) から得られる平均粒界移動速度 2.0×10^{-6} (um/s) と良く一致している。このことは、実験期間内において粒界に掃かれた部分は回収試料中で Ni (トレーサー元素) 濃度の高い部分として識別されるといった考えが成り立つことを示している。本研究で用いた手法は粒成長実験のみならず変形実験における界面移動の観察などにも広く適用することが可能であるため、今後それらの素過程を理解する上で有効な手法の一つとなりうるものと思われる。