

高圧下におけるフォルステライト反応帯成長実験 Growth kinetics of forsterite reaction rim at high pressure

丸山 玄太^{1*}, 西原遊², 西真之¹, 大内智博¹, 松影香子¹, 川添貴章¹

Genta Maruyama^{1*}, Yu Nishihara², Masayuki Nishi¹, Tomohiro Ohuchi¹, Kyoko N. Matsukage¹, Takaaki Kawazoe¹

¹ 愛媛大学 地球深部ダイナミクス研究センター, ² 愛媛大学 上級研究員センター

¹Geodynamics Research Center, Ehime University, ²Senior Research Fellow Center, Ehime University

地球内部では、地震波の研究から沈み込むスラブやブルームの上昇による物質輸送が起きていると理解されている。このような地球マントルでの物質輸送を正しく理解する上で、地球マントルを構成する鉱物中の元素拡散の情報が欠かせない。なぜなら、元素拡散は鉱物の流動特性を支配する重要な素過程であるからだ。塑性変形メカニズムの1つである拡散クリープによって変形する鉱物の歪速度は、鉱物を構成する主要元素のうち最も拡散の遅い元素によって律速される。過去の研究から、かんらん石中の主要構成元素の拡散速度は少なくとも1 GPa以下の低圧力条件では、Siが最も遅いと考えられている (e.g. Hirth and Kohlstedt 2003)。しかし、元素拡散速度への圧力の効果は明らかにされていない。本研究は、上部マントルの主要鉱物であるかんらん石の主要構成元素の拡散を評価することを目的として、かんらん石の端成分であるフォルステライトの反応帯成長実験を高圧力条件下で行った。

本研究では、フォルステライト反応帯を化学反応 MgO (ペリクレーズ) + MgSiO_3 (エンスタタイト) \Rightarrow Mg_2SiO_4 (フォルステライト) から成長させる。出発物質は、ペリクレーズの単結晶とエンスタタイトの粉末または焼結体とした。この反応帯の幅と粒径から反応帯成長律速元素の拡散係数を求めることができる。出発物質のペリクレーズとエンスタタイトの間に、白金ペーストを配置した。この白金ペーストは、フォルステライトを構成する主要元素のうち、最も拡散の遅い元素を特定するマーカーの役割を果たす。無水条件での実験を行うため、出発物質は白金のカプセル内に封入した。実験条件を圧力 5.7-12.7 GPa, 温度 1673, 1873 K, 保持時間 0-780 分とし、マルチアンビル型高圧発生装置を用いて実験を行った。回収試料の組織観察には走査型電子顕微鏡を使用した。

全ての実験条件において、圧力・温度に依存せず白金マーカーは、ペリクレーズとフォルステライトの境界に位置することを確認した。この結果から、フォルステライトを構成する主要元素のうち、最も拡散の遅い元素は、Siである。フォルステライト中におけるOの拡散は、過去の研究から非常に速いことがわかっている。このためMgが反応帯成長を律速する主要構成元素である可能性が高い。Gardes et al. (2011) は、1.5 GPaにおける反応帯成長実験に基づき、本研究と同様にフォルステライト中でSiが最も拡散の遅い主要構成元素であると結論づけた。本研究の結果は、Siの拡散が上部マントル全領域におけるかんらん石の歪速度を律速することを示唆する。

本研究では、粒内拡散と粒界拡散のどちらがフォルステライト反応帯成長を律速するか特定できなかった。そのため粒内拡散律速、粒界拡散律速それぞれを仮定してMgの拡散係数を計算した。粒内拡散律速で反応帯が成長する場合、Mgの粒内拡散係数の活性化体積は $10 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ 程度である。また、粒界拡散律速で反応帯が成長する場合、Mgの粒界拡散係数の活性化体積は $10 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ 以上である。

Keywords: forsterite, high pressure, rim growth, diffusion