

かんらん石の溶解速度から制約される蛇紋岩反応速度

大柳良介* (JAMSTEC), 桑谷立 (JAMSTEC), 鈴木勝彦 (JAMSTEC)

Kinetics of serpentinization constrained from olivine dissolution rate at hydrothermal conditions

Ryosuke Oyanagi* (JAMSTEC), Tatsu Kuwatani (JAMSTEC), Katsuhiko Suzuki (JAMSTEC).

Serpentinization (hydration of mantle peridotite) gives significant changes to both chemical and physical properties of the oceanic lithosphere. Several studies suggested that the rate of serpentinization is maximized at 250-300°C, and the rate-limiting process of serpentinization is the dissolution of primary mineral (e.g., Malvoisin et al., 2012). However, the olivine dissolution rates at > 150°C have never been measured (Rimstidt et al. 2012). Towards the improved understanding of serpentinization kinetics, measuring dissolution rates of olivine as a function of solution composition and temperature is required. In this study, dissolution rate of natural olivine ($(\text{Mg}_{0.91}, \text{Fe}_{0.09})_2\text{SiO}_4$) was measured at 200-300 °C and 50 MPa using a flow-through reactor (Suzuki et al., 2015). Based on dependences of temperature, on dissolution rate, the time scales on hydrothermal alteration of peridotite will be discussed.

海洋底における蛇紋岩化反応は海洋リソスフェアの物理的・化学的性質を大きく変化させ、沈み込み帯へ持ち込む水のフラックスを決定するプロセスである。これまで、海洋底における蛇紋岩化反応の進行プロセスを理解するために、反応速度が実験的に見積もられてきた。これらの研究によると、蛇紋岩化の速度は250~300°Cで最大になり(Martin & Fyfe 1970)、蛇紋岩化反応における律速過程は、かんらん石の溶解であることが示唆されている(Malvoisin et al., 2012)。しかし、これまで150°C以上でのかんらん石の溶解速度は測定されることがないため(Rimstidt et al. 2012)、蛇紋岩化反応速度とかんらん石の溶解速度の直接的な比較はなされてこなかった。また、200°Cにおけるかんらん石の炭酸塩化の過程において、かんらん石の溶解は非化学量論的であると示唆されている(Fritz et al. 2018)。蛇紋岩化反応の速度論的理解、および二次鉱物の量論的理解のためには、かんらん石の溶解速度、および溶解反応メカニズムの理解が必要である。

本研究では、流通式水熱実験装置を用いてかんらん石溶解速度の温度、pH 依存性を明らかにする。シリンジポンプで反応溶液(0.5mol NaCl/kg)を定流量(2.0 ml/min)で流し、反応後の溶液を適宜回収する。その後、ICP 発

光分析による溶液化学組成を測定し、溶液化学組成の時間変化データから反応速度を求める。反応溶液の温度(200~300 度)を変化させた実験を複数行い、それぞれの化学制約条件における溶解速度を求める。実験時間は8時間である。

実験の結果、200°Cの実験において、溶液組成の(Mg+Fe)/Si モル比は約 1.8 で定常状態に達した。一方で、260°C, 300°C の実験において、溶液組成の(Mg+Fe)/Si モル比はそれぞれ 1.2, 0.7 であり、定常状態に達しなかった。これらの結果は、かんらん石の溶解が非化学量論的であることを示唆する。Si の溶液組成を基準とした 200°C, 260°C, 300°C におけるかんらん石の溶解速度($r_{\text{SiO}_2(\text{aq})}$ (mol m⁻² s⁻¹))の対数はそれぞれ -6.2, -7.5, -7.9 と、温度が高くなるほどに遅くなる傾向を得た。実験結果を溶解速度式によってモデル化し、それを用いて既往の蛇紋岩化反応速度式と比較した。結果、250~300°C の範囲では、蛇紋岩化反応の速度はかんらん石の溶解速度と一致した。一方で、250°C以下では、蛇紋岩化反応の速度はかんらん石の溶解速度より遅かった。これらの結果は 250°C以上ではかんらん石の溶解が蛇紋岩化反応を律速し、250°C以下では別のプロセスが蛇紋岩化反応を律速していることを示唆する。

keywords: 反応速度, 蛇紋岩化作用, 水熱実験, かんらん石

*Corresponding author: royanagi@jamstec.go.jp