

熱水条件下におけるかんらん岩の高圧変形実験：リソスフェアの強度弱化における含水反応の効果 High-pressure deformation experiments on olivine-orthopyroxene aggregates under hydrothermal conditions

福島 久美^{1*}; 平内 健一¹; 木戸 正紀²; 武藤 潤²
FUKUSHIMA, Kumi^{1*}; HIRAUCHI, Ken-ichi¹; KIDO, Masanori²; MUTO, Jun²

¹ 静岡大学大学院理学研究科地球科学専攻, ² 東北大学大学院理学研究科地学専攻

¹Department of Geosciences, Graduate School of Science, Shizuoka University, ²Department of Earth Sciences, Tohoku University

沈み込みはトランスフォーム断層などの既存の弱面を元にして発生すると考えられているが、この弱面の強度は数値モデルによると摩擦係数が 0.05 以下であることを必要とする。これは深度 30 km における断層強度が 50 MPa 以下であることを意味する。しかしながら、かんらん石の摩擦強度、転位クリープから推定される強度は約 700 MPa となり、しきい値を大きく逸脱する。これまでに、断層強度を低下させるメカニズムとして、流体やメルト、拡散クリープ、蛇紋岩化などが候補に挙げられてきた。蛇紋岩化はかんらん岩が水と反応することによって生じ、トランスフォーム断層などの海洋マントルまで海水が入り込むことが可能な領域で起こる。これまでの変形実験では、蛇紋石がかんらん石と比較して様々な温度圧力条件において強度が低いことを明らかにしている。しかしながら、高温高圧下におけるかんらん岩の含水反応のカイネティクスやかんらん岩の強度が含水反応の進行に伴ってどのように変化するかについては、ほとんど明らかになっていない。

そこで本研究では、Griggs 型固体圧式変形装置を用いて熱水条件下でかんらん岩ガウジの単純剪断変形実験を行った。出発物質はサン・カルロス産かんらん石とタンザニア産斜方輝石の粉末試料を用いて、ハルツバージャイトを想定した 7:3 の割合で混合した。実験条件は温度 500 °C、封圧 1.0 GPa で、一定の剪断歪速度（剪断歪速度 $5.9 \times 10^{-5} \sim 4.3 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ ）で行った。その結果、全ての剪断歪速度条件下において応力-歪曲線は同様の挙動を示した。まず、弾性変形が起こり最大剪断応力（350~400 MPa）に達した後、10~120 分間かけて応力が 60~150 MPa 降下した。その後定常状態の変形がしばらく続くが、1 回目と比較してゆっくりとした応力降下が再び起こり定常状態に至った。さらに最終的な強度は剪断歪速度の低下に伴い減少し、最も遅い剪断歪速度（ $4.3 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ ）における最小強度は 30 MPa となった。実験後の試料には剪断歪量の増加に伴い R₁ 面、B 面、Y 面などの複合面構造が発達していた。また、変形後の試料では出発物質粒子が粒子間結合していた。剪断面近傍では出発物質の粒径減少が認められ、粒界を埋めるように滑石が生成していた。さらに、剪断面にも滑石は生成し、生成量は変形時間あるいは剪断歪量の増加に伴い増加した。

実験初期においてガウジ試料は溶解-沈殿プロセスにより粒子間結合が生じるため強度が増加し、その後、強度が臨界点を超えると局所すべりが発生すると考えられる。1 回目の急激な応力降下の間、剪断歪速度は増加していることから、不安定すべりが起こっていたと考えられる。また、2 回目の緩やかな応力降下は剪断面に沿った滑石の生成および増加に起因すると考えられる。本実験において蛇紋石ではなく滑石が生成した理由として、400 °C 以上の高温下において斜方輝石がかんらん石と比較して優先的に溶解し、「斜方輝石 → かんらん石 + SiO₂」および「斜方輝石 + SiO₂ + H₂O → 滑石」という反応が連続して起こったことに起因すると考えられる。本実験における最小強度（30 MPa）は深度 30 km を想定したかんらん石、蛇紋石の摩擦強度と比較して低く、摩擦係数が 0.05 以下である沈み込み可能強度である 50 MPa の範囲に収まる。天然におけるハルツバージャイトにおいても、滑石が生成する反応は斜方輝石を完全に消費するまで起こり、その後は蛇紋石が形成されると考えられる。このことから本研究における反応プロセスは含水反応初期にみられるプロセスであると考えられる。したがって、高温高圧下における断層強度の初期の弱化プロセスにおいて、かんらん岩の熱水反応による滑石生成の影響が示唆される。

キーワード: かんらん石, 斜方輝石, 滑石, 含水反応, 強度弱化, 沈み込み開始

Keywords: olivine, orthopyroxene, talc, hydration reaction, strength weakening, subduction initiation