

炭素鉱物を含む断層ガウジの高速摩擦実験

High-velocity friction experiments on carbon bearing fault gouge

大橋 聖和 [1]; 廣瀬 丈洋 [2]; 嶋本 利彦 [3]

Kiyokazu OOHASHI[1]; Takehiro Hirose[2]; Toshihiko Shimamoto[3]

[1] 広島大・理; [2] (独) 海洋研究開発機構; [3] 広島・院・理・地惑

[1] Grad. Sch. Sci., Hiroshima Univ.; [2] JAMSTEC; [3] Graduate School of Science, Hiroshima Univ.

はじめに

近年、付加体中の OST や野島断層、車籠埔断層をはじめとする天然の断層岩解析から、断層破砕帯内部における物理化学的な物質変化が多数報告されている(例えば Hirono et al, 2007; Tectonophysics; Ishikawa, 2008; Nature)。また、高速摩擦試験機を用いた室内実験からも、摩擦発熱による物質変化やそれに伴う強度低下が報告されている(Di Toro et al., 2004; Nature; Han et al., Science; 2007,)。また、粉碎による鉱物の非晶質化も様々な鉱物種で起こることが明らかになっている。これらの研究によって、断層内部で起こっている様々な諸現象が徐々に明らかになりつつあり、断層を構成する物質は、断層運動(地震性すべり、断層クリープともに)によって物理的(機械的粉碎やすべりに伴う結晶構造の変化)・化学的(熱反応)に変化していることが明らかになっている。

一方で、筆者はこれまで中部地方北部の活断層群(跡津川断層系)などを対象に地表踏査を行っており、断層帯に沿って特徴的に炭素鉱物(グラファイトや低結晶度炭素)が存在することを報告している(大橋・青木, 2006; 大橋・小林, 2008)。炭素鉱物を含む断層岩は特徴的に濃灰色から黒色を呈し、これまでの解析では跡津川断層系のみならず、他の内陸活断層や付加体中の断層群中にも存在するため、炭素鉱物を Seismic slip record として用いることが出来るのならば、その有用性は高い。また、炭素鉱物は低摩擦、高導電物質であるため、断層面上での変化・発達を調べることは大変重要である。そこで本研究では地震性断層すべりが炭素鉱物へ与える影響を解明するため、高速摩擦試験機を用いた含炭素鉱物断層ガウジの摩擦実験を行った。

高速摩擦試験

地震性断層すべりが炭素鉱物に与える影響を室内実験で再現するため、高知コアセンター設置の回転式高速摩擦試験機および、広島大学の間隙水圧式高速摩擦試験機を用いて実験を行った。試料は天然の断層ガウジおよび比較用の模擬断層ガウジとして標準試料(炭素粉末、グラファイト粉末; 和光純薬)を用いた。天然試料は、跡津川断層系を構成する牛首断層および茂住祐延断層から採取した結晶度の異なる含グラファイト断層ガウジを用いた。断層ガウジはそれぞれ直径約 25 mm、高さ 20-40 mm の円柱状花崗岩に約 1 グラムを挟み、テフロンリングで周囲を覆った後、垂直応力 1Mpa、1.3m/s の変位速度で試験を行った。サンプルチャンパー内は大気雰囲気および Ar 雰囲気にし、試料から約 10 cm 離れた位置に CO₂ センサーを準備した。Ar 雰囲気での実験では、あらかじめ試料を真空容器内で脱気した後、容器内に Ar ガスを導入し、6 時間放置したものをを用いた。

試験開始直後、摩擦係数は 0.8-1.0 程度の最大摩擦を示した後、指数関数的に減少し、定常摩擦に達するまで試験を続けた。定常摩擦時の摩擦係数は 0.1-0.3 程度である。また、大気条件下で行なった天然断層ガウジ、模擬断層ガウジ(炭素粉末、グラファイト粉末)のいずれの実験からも、試験中に CO₂ の放出が認められた。放出は試験開始の 5-7 秒後から検出され始め、試験終了後 5-20 秒程度継続した。

炭素鉱物変化

実験後の断層ガウジの表面観察および薄片観察からは、壁岩である円柱状花崗岩との接触面において幅数 ~ 100 μ m の変形集中帯(主すべり面)が形成されている。表面は鏡肌状で光沢を有し、壁岩の回転に伴って同心円状の条線が形成されている。変形集中帯内部では岩片の粒径減少と細粒基質割合の増大が認められ、複合面構造(Y-R₁-P)が発達する試料もある。変形集中帯内部の SEM-EDS 定性分析および EPMA 分析を行ったところ、炭素量の減少が認められた。これらの特徴は、低結晶度の炭素粉末や、グラファイト粉末を用いた試料にも共通する。一方、Ar 雰囲気で行った実験では、変形集中帯の発達は見られるものの、炭素鉱物の有意な減少は確認できない。これらのことは、試料に含まれる炭素鉱物が摩擦発熱による熱酸化反応によって消失 [C+O₂ → CO₂; > 400 °C] したことを示す。また、天然断層ガウジに含まれる炭素鉱物の XRD ピークパターンを試験前と試験後の試料で比較したところ、バルク結晶度の低下を示す半価幅の増大が認められた。一般に炭素鉱物の酸化反応は結晶度の違いによる選択的酸化があるとされており、低結晶度の炭素鉱物ほど、酸化反応は起きやすい。しかしながら、本試料は低結晶度炭素の選択的酸化とは異なるバルク結晶度の変化を示すことから、他の要因(例えば摩擦による非晶質化プロセス)が起こっている可能性がある。発表では TEM およびレーザーラマン顕微鏡を用いた炭素鉱物の局所結晶度分析についても議論を行なう予定である。