

還元環境下におけるコサイスミックなグラファイト形成

Formation of graphite during high-velocity friction experiment under H₂ atmosphere

大橋 聖和^{1*}, 韓 來熹², 廣瀬 丈洋³, 小村 健太郎⁴, 松田 達生⁴, 嶋本 利彦⁵

Kiyokazu OOHASHI^{1*}, Raehee Han², Takehiro Hirose³, Kentaro Omura⁴, Tatsuo Matsuda⁴, Toshihiko Shimamoto⁵

¹ 広島大学大学院理学研究科, ² 韓国地質資源研究院, ³ (独) 海洋研究開発機構 高知コア研究所, ⁴ (独) 防災科学技術研究所, ⁵ 中国地震局地質研究所

¹Graduate School of Sci, Hiroshima Univ., ²KIGAM, Korea, ³KCC, JAMSTEC, ⁴NIED, ⁵China Earthquake Administration

グラファイトは一般的に有機物の熟成によって形成されることが知られているが、野島断層(新井ほか, 2002)や棚倉構造線、牛首断層の一部では、源岩が有機物や炭質物を含まない場合(例えば花崗岩や晶質石灰岩)であっても断層帯内部からグラファイトが見いだされている。熱水沈殿グラファイトの存在はスリランカや北米などから報告されており、下部地殻に相当する条件下でC-O-H混合流体から沈殿する(2H₂+CO₂->C+2H₂O)ことが広く受け入れられている(例えばLuque et al., 1998)。しかしながら、より低温・低圧の上部地殻での溶解・沈殿作用は一般的ではなく、特に断層に沿ったグラファイトの形成メカニズムは明らかにされていない。一方で、近年精力的に行われてきた高速摩擦試験は、秒速1 m以上の高速摩擦により短時間(数十秒)のうちに劇的な物質変化が起こることを明確に示した(例えばHan et al., 2007, Oohashi et al., 2011)。そこで、本研究では、炭質物を含まない源岩を用いてC-O-H混合雰囲気下で高速摩擦試験を行い、グラファイトが形成されるかどうかを検証した。実験は、回転剪断式低-高速摩擦試験機(広島大学)を用い、高速摩擦時に熱分解によってCO₂を放出することが明らかになっているカララ大理石(Han et al., 2007)を用いた。実験条件は垂直応力2.0 MPa、すべり速度1.3 m/sで、0.1 MPaで水素パージした圧力容器内で実験を行った。継続時間は100秒以内である。

実験後の回収試料のすべり面からは、方解石(CaCO₃)の熱分解生成物であるCaO(熱分解温度T>720℃)と黒色のパッチ状付着物が認められた。黒色付着物のレーザーラマン顕微分析からは、グラファイト(炭質物)のラマンスペクトルである1350 cm⁻¹と1590 cm⁻¹の二つのピークが検出された。実験に用いたカララ大理石はグラファイトを含まないこと、大気条件下やAr雰囲気下では黒色付着物が形成されないこと(Han et al., 2010)を考えると、すべり面でのグラファイトの形成は水素パージしたことによってC-O-H混合雰囲気が達成されたことに直接起因すると考えられる。Salotti et al. (1971)はC-O-H混合雰囲気の静的条件下における反応実験(温度500℃, 圧力13.8 MPa, 6時間)を行い、高結晶度グラファイトが方解石上に生成することを示した。これは本実験と比べるとより高い圧力条件および継続時間であるが、この反応は熱活性化過程であるため、我々の実験では摩擦発熱によって達成された高い到達温度(>720℃)が反応を促進したものと考えられる。これらの結果は、炭酸塩鉱物(CO₂流体の存在でも置き換えられる)を含む岩石がH₂やCH₄が存在するような地下深部の還元環境下で地震性断層すべりを起こすことにより、グラファイトが無機的に形成されることを示す。野島断層では花崗岩起源の主断層沿いに炭酸塩脈が濃集しており(新井ほか, 2003)、グラファイトは地震性断層すべりにもともなう炭酸塩脈の熱分解と還元反応によって形成されたと説明できる。

[引用文献]

新井ほか, 2002, 地球惑星科学関連学会 2002 年合同大会予稿集, G061-P011.

新井ほか, 2003, 地学雑誌, 112, 915-925.

Han et al., 2007, Science, 316, 878-881.

Han et al., 2010, Journal of Geophysical Research, 115, B03412, doi:10.1029/2008JB006136.

Oohashi et al., 2011, Journal of Structural Geology, doi:10.1016/j.jsg.2011.01.007

Salotti et al., 1971, Economic Geology, 66, 929-932.

Luque et al., 1998, American Journal of Science, 298, 471-498.

キーワード: 野島断層, グラファイト, 炭酸塩鉱物, 高速摩擦試験, メカノケミカル反応

Keywords: Nojima fault, Graphite, Carbonate minerals, High-velocity friction, Mechano-chemical reaction