

ラマン分光分析を用いた変形による炭素鉱物変化の定量

Quantitative and microscopic analysis of deformed carbon minerals by Laser-Raman spectroscopy

大橋 聖和^{1*}, 嶋本 利彦¹

Kiyokazu OOHASHI^{1*}, Toshihiko Shimamoto¹

¹広島大学大学院理学研究科

¹Grad. Sch. of Sci., Hiroshima University

近年、高速摩擦試験機を用いた室内実験や、地震断層の掘削などから、地震時の短時間では起こらないと考えられてきた地震性断層すべりに伴う断層内物質変化の報告が数多くなされている。これらの多くは高速摩擦に伴う摩擦発熱と粉碎現象に起因した鉱物の熱分解 (Han et al., 2007), 熱酸化 (大橋ほか, 2009), 構造変化 (Oohashi and Shimamoto, 2009), 脱水反応

(Hirono et al., 2008), 非晶質化 (Brantut et al., 2008) などのphysico-chemical reactionであり、それらの反応は母岩や断層帯内部に存在する鉱物や到達温度に規定される。これらの現象は、断層帯内部での物質循環、力学特性への影響、地震時のエネルギー収支などを議論する上で重要であるが、一義的には地震性断層すべりの証拠 (seismic-slip record) として有益である。しかしながら、地震性断層すべりの集中するゾーン (principal slip zone) は幅数mm程度であることが多く、すべり面内部での鉱物変化を定量的かつ連続的に調べるのは難しい。ところで、近年、レーザーを用いたラマン分光分析 (レーザーラマン顕微鏡) が容易に行えるようになってきた。レーザーラマン顕微鏡はミクロンオーダーの分解能を有することから、断層帯内部の物質変化の微細分析には最適である。一方、筆者はいくつかの断層帯において炭素鉱物 (低結晶度炭素やグラファイト) を含む断層岩を報告しており、また、炭素鉱物の地震性断層すべりに伴う鉱物変化を実験学的に検証している。炭素鉱物は特に変成岩地帯において被熱指標として用いられてきたが、レーザーラマン顕微鏡を用いた炭素鉱物分析からは、グラファイト化が進行するにつれラマンシフトが変化する (1350cm⁻¹付近のDバンドから1590cm⁻¹付近のGバンド) ことが知られており、グラファイト化度の定量的指標としてG/D比を用いることが出来る。そこで、断層運動に伴う炭素鉱物変化を定量的に調べるため、レーザーラマン顕微鏡を用いた微細分析を行った。

解析に用いたのは、跡津川断層系牛首断層から採取した黒鉛質カタクレサイトである。黒鉛質カタクレサイトの母岩である飛騨変成岩中には鱗状黒鉛が含まれており、レーザーラマン分析からは、顕著なGバンドピークが認められた。鱗状黒鉛はカタクレサイトバンドに近づくにつれフィッシュ状に変形し、カタクレサイトバンド中央部のすべり面では幅1 mm以下のグラファイトの濃集した黒色シームとなる。この部分では、Dバンドピークが明瞭に認められるようになり、G/D比は減少傾向を示す。Dバンドはグラファイト構造の乱れや欠陥の存在を示すことから、これらの観察事実は、カタクレサイト化に伴って逆グラファイト化的な作用が起こったことを示す。低結晶度炭素鉱物を用いたこれまでの高速摩擦試験および、固体圧試験からは、酸化環境下における炭素鉱物の熱酸化 (大橋ほか, 2009), 非酸化環境下における炭素鉱物のグラファイト化 (Oohashi and Shimamoto, 2009), 下部地殻条件下における剪断に伴うグラファイト化 (Nover et al., 2005) などが明らかになっているが、今回明らかとなったカタクレサイト化に伴う逆グラファイト化的挙動はこれらとは異なる。一方で、粉碎に伴う結晶質鉱物のアモルファス化が天然の断層沿いでも起こっていることが近年報告されており (e.g. Ozawa and

Takizawa, 2007) , 逆グラファイト化は、同様のphysico-chemicalな作用で起こっている可能性がある。

カタクレサイト化に伴う逆グラファイト化も含め、これら炭素鉱物のすべりに伴う物質変化は、レーザーラマン顕微鏡を用いて微細マッピングを行うことで、最新すべり面の特定、摩擦発熱の有無や酸化還元状態などについての詳細な知見を得ることが出来ることを示している。発表では、高速摩擦試験後の回収試料についてもレーザーラマン顕微鏡を用いた炭素結晶度の解析結果を示す予定である。

[引用文献]

Han et al., 2007, *Geology*, 35, 12, 1131-1134.

大橋ほか, 2009, 日本地球惑星科学連合2009年大会予稿集, J169-009.

Oohashi and Shimamoto, 2009, AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, December, 2009.

Hirono et al., 2008, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L16303, doi:10.1029/2008GL034476.

Brantut et al., 2008, *J. Geophys. Res.*, 113, B10401, doi:10.1029/2007JB005551.

Nover et al., 2005, *Geophys. J. Int.*, 160, 1059-1067.

Ozawa and Takizawa, 2007, *J. Struct. Geol.*, 29, 1855-1869.

キーワード:地震性断層すべり,炭素鉱物,グラファイト,ラマン分光分析,物理化学的反応

Keywords: Seismic faulting, Carbon minerals, Graphite, Raman spectroscopy, Physico-chemical reaction