

炭質物の熱熟成における初期熟成度と速度論的効果の重要性および地震時の滑りパラメータ推定の温度指標確立における意義

Importance of initial maturity and reaction kinetics on maturation of carbonaceous material and its implications for thermal maturity as a proxy for temperature in estimation of coseismic slip parameters

*金木 俊也¹、市場 達矢¹、山下 修平¹、廣野 哲朗¹

*Shunya Kaneki¹, Ichiba Tatsuya¹, Shuhei Yamashita¹, Tetsuro Hirono¹

1. 大阪大学大学院理学研究科

1. Graduate School of Science, Osaka University

地震時に放出されるエネルギーの大部分は摩擦発熱として消費されると考えられており、断層内で様々な物理化学反応を引き起こす。例えばシュードタキライトの生成や断層岩中の鉱物の熱分解・脱水反応は、断層岩に記録された摩擦発熱履歴を検出するための熱指標として用いられている。中でも断層岩中に存在する炭質物は、その熟成度を周囲の温度に対して敏感に変化させることから、近年大きな注目を集めている。

これらの背景から、炭質物の熟成度は地震時の断層における最高到達温度および滑りパラメータの推定に用いられている（例えばHirono et al., 2015やKaneki et al., 2016）。しかし、これらの先行研究で用いられた摩擦発熱の定量推定手法は、いくつかの問題点を含んでいる可能性があり、具体的には（1）メカノケミカル効果の存在、（2）昇温速度による速度論的効果、（3）初期熟成度の影響、（4）繰り返し地震の蓄積効果、が挙げられる。最新の研究では、Kaneki et al. (2018)およびKaneki and Hirono (2018)によって、メカノケミカル効果および昇温速度が炭質物の熱熟成反応の速度論的効果を持つことが実験的に示された。よって、炭質物の熟成反応を正確な温度指標とするためには、上記の全ての問題を考慮する必要がある。

本発表では、（1）と（2）の総括に加え、（3）初期熟成度の影響の実験的検証の結果に焦点を充てる。後者の検証にあたり、出発物質には4つの異なる初期熟成度を持つ炭質物（褐炭・瀝青炭・無煙炭・グラファイト）を用い、これらに対して、滑り速度 1 mm s^{-1} 、垂直応力 $1, 3 \text{ MPa}$ の低速摩擦実験を実施し、剪断ダメージのみを与えた。次に、剪断前後の試料に対して、昇温速度 $1, \text{数}100 \text{ }^\circ\text{C s}^{-1}$ 、ターゲット温度 $100\text{--}1300 \text{ }^\circ\text{C}$ （ $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 間隔）の条件で加熱実験を行った。さらに、出発物質および摩擦・加熱実験後試料について、赤外・ラマン分光による熟成度の評価を実施した。

以上の結果、剪断に伴うメカノケミカル効果によって褐炭の熟成反応は最大 $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 程度促進される一方、他の炭質物では剪断によって有意な熟成度の差は確認されなかった。またグラファイト以外の全ての炭質物において、高い昇温速度の試料では最大 $500 \text{ }^\circ\text{C}$ 程度、熟成反応が抑制されることがわかった。すなわち、メカノケミカル効果および昇温速度が炭質物の熟成反応速度に与える影響は、その初期熟成度に依存することを意味する。今後、初期熟成度および速度論的効果を考慮することで、炭質物をより有効な摩擦発熱指標として確立し、精度の高い温度決定・滑りパラメータ推定が期待できる。

キーワード：地震、炭質物、摩擦発熱、初期熟成度、速度論的効果

Keywords: Earthquake, Carbonaceous material, Frictional heat, Initial maturity, Chemical kinetics