

野島断層帯における多重摩擦熱イベントの走査型 ESR 顕微鏡解析

Scanning ESR microscopic analysis of multiplex frictional heating events in the Nojima fault zone

福地 龍郎 [1]

Tatsuro Fukuchi[1]

[1] 山口大学・院・地球

[1] Earth Sci., Yamaguchi Univ.

<http://web.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~fukuchi/>

断層帯において摩擦熱作用による高温上昇が普遍的に起こっているのかどうかを明らかにすることは、地震エネルギー配分やサンアンドレアス断層熱流量逆説 (San Andreas fault heat flow paradox) と関連して非常に重要である。高温上昇の数少ない有効な指標の一つとして、摩擦溶融組織 (マイクロライト, 杏仁状構造等) を示すシュードタキライトの存在が挙げられる。一般に摩擦熱温度は断層すべり速度と共に増大するが, Spray(1995) の高速剪断実験によると, シュードタキライト中に含まれる溶融物と粉碎物の割合は断層すべり速度 (歪速度) に依存し, すべり速度の増大と共に溶融物の割合が大きくなっていく。従って, 摩擦熱温度が上昇しても溶融点には達していない場合や溶融の割合が極端に少なく溶融組織を確認できない場合, 脱ガラス化作用あるいは変質作用により一旦できた溶融組織が消滅している場合には, 摩擦熱温度が上昇したかどうかの認定は非常に困難である。またシュードタキライトと同様に, 摩擦剪断作用により生成する黒色ウルトラカタクレーサイトや葉状カタクレーサイトの中にも高温の摩擦熱を受けているものが含まれている可能性がある。そこで, シュードタキライトに代わり, 断層摩擦熱温度上昇の指標となるものがフェリ磁性共鳴 (FMR: ferrimagnetic resonance) 信号である [Fukuchi, 2003; Fukuchi et al., 2005; 2007]。母岩中の鉄イオンを多く含む鉱物 (黒雲母, 緑泥石, 褐鉄鉱, レピドクロサイト, その他) が加熱分解する時に磁鉄鉱 (Fe_3O_4) やマグヘマイト ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) が生成されることが明らかとなっており, これらのフェリ磁性鉱物固有の FMR 信号は ESR (電子スピン共鳴) 装置で容易に検出することができる。FMR 信号の信号強度は熱に対して規則的に増大するので, 様々な温度に対する信号の増加率を加熱実験で求め, アレニウスプロットすることにより温度と時間に関する FMR 信号の強度変化式が得られる。この変化式と摩擦熱に関する一次元熱伝導方程式 [McKenzie & Brune, 1972; Cardwell et al., 1978] を組み合わせてインバージョンを行うと, 過去の断層摩擦熱温度を復元することができる [Fukuchi, 2003; Fukuchi et al, 2005]。断層摩擦熱温度は通常 mm 単位で変化するので, 断層岩試料から温度を復元する時には連続的に FMR 信号を計測する必要がある。そこで今回, 新たに改良した走査型 ESR 顕微鏡を用いて, 野島断層岩の一次元及び二次元 ESR 連続計測を実施した。走査型 ESR 顕微鏡は, Yamanaka et al.(1993) による $3 \times 10\text{mm}$ のスリット付 TE_{111} モード共振器に, 2.6mm のピンホール板を取り付けたもので, 分解能は約 0.25mm である。二次元計測の結果, 幾層もの野島断層ガウジ及びシュードタキライトの中から特に強い磁化率 (ESR 吸収強度) を示す層が検出された。さらに一次元精密計測を行った結果, 試料中に記録されている摩擦熱の多重イベントを検出・分離することに成功した。これら多重摩擦熱イベントを示す各 ESR 吸収強度からインバージョンにより過去の摩擦熱温度を復元した結果, 野島断層帯ではこれまでに幾度となく瞬間温度 600 を越える摩擦熱の上昇が発生し, 最大瞬間温度は $900\text{-}1000$ に達していたことが明らかになった。

参考文献

- R. K. Cardwell, D. S. Chinn, G. F. Moore & D. L. Turcotte (1978) *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, 52, 525-530.
T. Fukuchi (2003) *J. Geophys. Res.*, 108, B6, 2312, doi:10.1029/2002JB002007.
T. Fukuchi, K. Mizoguchi & T. Shimamoto (2005) *J. Geophys. Res.*, 110, B12404, doi: 10.1029/2004JB003485.
T. Fukuchi, J. Yurugi & N. Imai (2007) *Tectonophysics*, 443, 127-138, doi:10.1016/j.tecto.2007.01.020.
D. McKenzie & J.N. Brune (1972) *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, 29, 65-8211;78.
C. Yamanaka, M. Ikeya & H. Hara (1992) *Appl. Radiat. Isot.*, 44, 77-80.