

フェリ磁性共鳴信号による断層摩擦熱の温度計測

Temperature measurement of frictional heat generated by seismic fault slip using ferri-magnetic resonance signal

福地 龍郎 [1]

Tatsuuro Fukuchi[1]

[1] 山口大学・理・地球圏

[1] Earth Sci., Yamaguchi Univ.

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

断層ガウジが断層摩擦熱により磁化する現象が明らかとなり、磁化の原因であるフェリ磁性鉱物から検出されるフェリ磁性共鳴 (FMR) 信号が摩擦熱の検出及び温度計測に利用できることが明らかになってきた (Fukuchi, 2003; Fukuchi et al., 2005)。摩擦熱により断層ガウジ中に生成されるフェリ磁性鉱物はマグヘマイト (γ - Fe_2O_3) であると考えられ、ガウジ中に含まれる鉄サビの一種であるレピドクロサイト (γ - FeOOH) の加熱脱水により生成すると考えられる。人工合成した高純度磁性鉱物を使用した加熱実験結果によると、マグネタイト (Fe_3O_4) 及びマグヘマイトから検出される FMR 信号 ($g=3.045$ 及び $g=3.018$) とレピドクロサイトから加熱脱水により生成するマグヘマイトの FMR 信号 ($g=2.236 \sim 2.394$) では、信号の線幅と固有の g 値が明瞭に異なっている。これは、レピドクロサイトから生成するマグヘマイトの結晶度が著しく低いことに起因している。マグヘマイトの結晶度が高くなるにしたがい、共鳴磁場が低磁場側へシフトし、 g 値は高くなることが確認された。なお、結晶度が高いマグヘマイトの線形はマグネタイトよりもシャープであり、両信号は明瞭に区別される。

一般に、高純度マグヘマイトは約 400 °C 以上の加熱で相転移し、ヘマタイト (α - Fe_2O_3) に変化するために FMR 信号強度が減少するが、結晶中に不純物が存在することにより安定化することが知られている。硫酸鉄 (FeSO_4) と水酸化ナトリウム (NaOH) を使用した湿式による合成実験で生成したレピドクロサイトの場合、500 °C 5 分間の加熱によっても FMR 信号強度は減少しないことが確認された。これは、 Na^+ イオンによりレピドクロサイト (マグヘマイト) が安定化したためであり、天然の断層ガウジでも Na^+ イオンや K^+ イオンなど 1 価の陽イオンによる安定化が起こると考えられる。

断層ガウジ起源ではない、花崗岩起源のシュードタキライトからも別の FMR 信号が検出されている。花崗岩から抽出した黒雲母を用いた加熱実験では、約 800 °C 以上の加熱 (1 時間) で黒雲母が分解する時に一部がマグネタイトに変化することが確認された。800 °C で生成するマグネタイトの結晶度は非常に悪く、X 線回折分析でも検出することは困難であるが、ESR は検出感度が非常に高いので容易に検出される。結晶度の低いマグネタイトの FMR 信号の線形は、明らかにレピドクロサイト起源で結晶度の低いマグヘマイトのものとは異なっていることが分かる。

断層摩擦熱温度を FMR 信号によって推定した例としては、野島断層 DPRI500m 掘削コア試料中の断層ガウジを用いたケースがある (Fukuchi et al., 2005)。FMR 信号強度を用いたインバージョンによって、1995 年兵庫県南部地震の時に地下 390m の断層面上で発生した摩擦発熱温度は最高温度 390 °C 程度と見積もられた。摩擦発熱温度は断層ガウジの物性値 (熱伝導率、比熱など) に大きく依存するので、意味のある値を得るためにはこれらの物性値を正確に見積もることが重要である。

[参考文献]

Fukuchi, T., 2003, Strong FMR signal and magnetic susceptibility of the Nojima pseudotachylyte in Japan and their implication for coseismic electromagnetic changes. *Journal of Geophysical Research*, Vol.108, No.B6, 2312, doi:10.1029/2002JB002007.

Fukuchi, T., Mizoguchi, K., and Shimamoto, T., 2005, Ferrimagnetic resonance signal produced by frictional heating: A new indicator of paleoseismicity, *Journal of Geophysical Research*, Vol.110, B12404, doi:10.1029/2004JB003485.