

走査型 ESR 顕微法による断層摩擦熱の検出 Detection of seismic frictional heat using scanning ESR microscopy

福地 龍郎^{1*}

FUKUCHI, Tatsuro^{1*}

¹ 山口大学大学院理工学研究科

¹ Yamaguchi University

断層摩擦熱を見積ることは地震エネルギー配分を考える上で重要である。摩擦熱の計算結果には摩擦発熱幅が大きく影響するので、摩擦熱を正確に見積もるためには摩擦発熱幅を特定する必要がある。さらに、摩擦熱温度は断層面からの距離数 mm で急激に低下すると考えられるので、断層岩から摩擦熱の指標を検出する場合、1mm 以下の分解能で連続的に検出する必要がある。そこで本研究では、走査型 ESR (電子スピン共鳴) 顕微法により摩擦熱の指標となる ESR 信号を用いて断層岩から摩擦熱を検出し、摩擦発熱幅を特定する方法について述べる。研究対象とした断層岩は、兵庫県・野島断層帯に産出する粉碎起源のシュードタキライトと鹿児島県・内之浦断層帯に産出する溶融起源のシュードタキライトの他、台湾チェルンプ断層帯深部掘削 Hole B コア中に産出する固結した黒色物質である (Ma et al., 2006)。

摩擦熱検出のためのターゲット信号は、摩擦熱による鉄含有鉱物の熱分解で生成するフェリ磁性共鳴 (FMR) 信号および有機物の熱分解で生成する常磁性信号 (有機ラジカル) である。花崗岩質ガウジが源岩である野島シュードタキライトからは特徴的な FMR 信号が検出され、FMR 信号の g 値やスペクトルの線形 (lineshape) を元にガウジ中のレピドクロサイト ($-FeOOH$) が加熱脱水して生成する低結晶度のマグヘマイト ($-Fe_2O_3$) が磁気ソースであると考えられてきた (Fukuchi et al., 2007) が、シデライト ($FeCO_3$) の瞬間的な加熱分解で生成する低結晶度のマグネタイト (Fe_3O_4) も同様の g 値や線形を示すことが今回実施した詳細なスペクトル解析の結果判明した。野島シュードタキライト生成時の初期温度 (約 200 °C) を考慮すると、レピドクロサイトは安定的に存在できないので、シデライトから生成される低結晶度のマグネタイトが磁気ソースである可能性が高い。花崗岩を源岩とする内之浦シュードタキライトからも特徴的な FMR 信号が検出され、花崗岩中に含まれる黒雲母の熱分解でマグネタイトが生成することが実験的に確認されているので、黒雲母起源のマグネタイトが磁気ソースであると考えられる (Fukuchi, 2012)。一方、台湾チェルンプ断層黒色物質の場合、顕著な FMR 信号は観察されず、泥質岩中に含まれる有機物の熱分解で生成される常磁性有機ラジカル ($g=2.004$) が特徴的に検出されるので、この信号を摩擦熱検出のためのターゲット信号とした。

今回、摩擦熱検出に用いた走査型 ESR 顕微鏡は、TE₁₁₁ モードキャビティに 1.6-2.6mm のピンホールを取り付けたもので、検出感度を上げるために 100kHz 変調磁場コイルを内蔵したものをを用いた。検出の分解能は ESR 信号の強度にも依存するが 0.1mm である。二次元 ESR 解析の結果、野島シュードタキライトからは過去の摩擦熱作用により生成した FMR 信号強度の複数のピークが検出され、摩擦発熱幅は 0.5-1.0mm と見積もられた。内之浦シュードタキライトの場合は、注入しているシュードタキライト脈と接触している部分で非常に高い FMR 信号強度が検出されるが、脈内部ではほぼ一様で低い信号強度になっていることが判明した。FMR 信号は磁気ソースであるフェリ磁性鉱物が溶融すると消滅するので、シュードタキライト脈内部の FMR 信号の強度と分布状態によりシュードタキライトの成因 (溶融起源又は粉碎起源) を判定できる可能性がある。一方、台湾チェルンプ断層では、固結した黒色物質からは源岩よりも高い有機ラジカル強度分布を示すことが明らかになった。

引用文献

Fukuchi, T. et al. (2007) *Tectonophys.*, 443, 127-138.

Fukuchi, T. (2012) ESR Techniques for the Detection of Seismic Frictional Heat. In: *Earthquake Research and Analysis: Seismology, Seismotectonics and Earthquake Geology* (ed. D'Amico Sebastiano). InTech-Open Access Publisher, 285-308.

Ma, K.-F. et al. (2006) *Nature*, 444, 473-476, doi:10.1038/nature05253.

キーワード: 電子スピン共鳴, フェリ磁性共鳴, ESR 顕微法, 有機ラジカル, 地震, 摩擦熱

Keywords: electron spin resonance, ferrimagnetic resonance, ESR microscopy, organic radical, earthquake, frictional heat