

## 地震性断層すべり過程における断層ガウジ帯の摩擦発熱様式

## Generation patterns of frictional heat in a fault gouge zone during seismic fault slip

# 福地 龍郎[1], 溝口 一生[2], 嶋本 利彦[3]

# Tatsuro Fukuchi[1], Kazuo Mizoguchi[2], Toshihiko Shimamoto[3]

[1] 山口大学・理・地球科学, [2] 京大・理・地球惑星, [3] 京大・院・理・地鋳

[1] Earth Sci., Yamaguchi Univ., [2] Earth and Planetary Sci., Kyoto Univ, [3] Dept. of Geol. &amp; Mineral., Graduate School of Science, Kyoto Univ.

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

地震発生時における断層摩擦発熱現象は、シュードタキライトなどの断層岩の成因には勿論の事、地震に関連する諸現象に直接的間接的に影響を及ぼしていると考えられる。最近では、リング式高速剪断摩擦試験機などを用いて、断層摩擦発熱の温度を測定する試みがなされている（例えば、嶋本・堤，1994）が、断層摩擦熱のように継続時間が1秒よりも短いパルスの発熱を直接検出することは、温度センサーの感度や応答時間などの問題があって非常に困難である。Fukuchi(2003)は、野島断層沿いで発見された縞状構造を持つシュードタキライトのESR（電子スピン共鳴）解析を行い、凝集状態の3価鉄イオンから成るフェリ磁性体（ $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ）のFMR（フェリ磁性共鳴）信号がパルスの発熱の検出に有効である事を示した。このFMR信号は、断層ガウジ中に含まれる $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ が断層活動時の加熱脱水作用で $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ に変化することにより生成すると考えられ、カオリナイトやスメクタイトなどの粘土鉱物を含む試料であれば摩擦発熱の検出に適用できる。今回、FMR信号を利用して高速剪断摩擦作用で断層ガウジ中に発生する摩擦熱を検出する事を試みたので、それらの結果と今後取り組むべき課題について報告を行う。また、1995年兵庫県南部地震活動時に野島断層面上で発生した摩擦発熱様式の復元結果についても報告する。

今回の高速剪断実験では、野島平林で採取した野島断層ガウジを8~20 $\mu\text{m}$ に篩って60 $\mu\text{m}$ で1日乾燥したものを実験試料とした。断層ガウジの剪断実験は、軸応力0.61MPa、回転速度500~1500rpm、変位時間約5~17秒の実験条件で行った。高速剪断実験後のガウジ試料は、円周を基準（0mm）として、0~3mm、3~6mm、6~9mm及び9~12.5mmの4つの部分に細分し、細分した各部分についてESR測定を行った。なお、細分の幅に関しては $\pm 1\text{mm}$ 程度の誤差があり、それ程厳密ではない。細分した各部分の等価平均速度は、1500rpmの条件下では1.74m/s（0~3mm）、1.27m/s（3~6mm）、0.81m/s（6~9mm）及び0.37m/s（9~12.5mm）で、一方500rpmの条件下では0.58m/s（0~3mm）、0.42m/s（3~6mm）、0.27m/s（6~9mm）及び0.12m/s（9~12.5mm）と計算される。各部分のESR測定の結果、等価変位速度と変位量が最も大きい0~3mmの部分ではFMR信号が一番増大しており、等価変位速度と変位量がゼロである円の中心に向かってFMR信号強度は減少して行くことが確認できた。また、細分した各部分の等価平均速度及び計測された摩擦係数データからMcKenzie & Brune (1972)の一次元摩擦発熱モデル式（熱伝導率：1W/mK、比熱：1J/gK）を使用して計算した摩擦発熱温度は、電気炉における等温加熱実験結果と良く対応している。また1500rpmで行った剪断実験では、すべり継続中に熱膨張あるいは脱水に伴うと考えられる摩擦係数の低下が観測された（ $\mu=0.71 \sim 0.24$ ）が、摩擦係数データから計算される摩擦発熱温度は低下することではなく、理論的にはほぼ一定温度を維持あるいは上昇続けることを示している。このことは、断層ガウジに含まれる水の脱水や熱膨張により摩擦係数が低下することがあったとしても、摩擦発熱温度がそれに連動して直ちに低下する訳ではないことを意味している。天然に存在する断層ガウジも地下深部では必ずしも水に飽和している訳ではないと推定されるので、地下深部では仮に熱膨張や脱水による摩擦係数の低下が見られたとしても摩擦発熱温度は400-500 $^{\circ}\text{C}$ 程度まで上昇する可能性が高い。今後は、断層ガウジの含水比を変えた剪断実験を行い、摩擦発熱温度を見積もる必要がある。また通常の断層ガウジの熱伝導率は0.5-2.0W/mK、比熱は0.5-1.0J/gKの範囲であると考えられるが、剪断実験中に起こる脱水で変化することが予想される。摩擦発熱温度は熱伝導率や比熱に依存するので、天然断層を実験室で精度良く再現するためには、これらのパラメータの温度変化を詳しく見積もる必要がある。さらに、摩擦係数データから計算される摩擦発熱温度の信頼性を検討するためには、温度センサーにより摩擦発熱温度を実測し、計算結果と比較検討する必要がある。

## [参考文献]

[1] 嶋本利彦・堤昭人(1994) 構造地質, No.39, p.65-78.

[2] T. Fukuchi (2003) JGR, Vol.108, in press.

[3] D. McKenzie &amp; J.N. Brune (1972) Geophys. J. Roy. Astr. Soc., 29, 65-78.