

高速摩擦実験による石英ガウジの発熱と ESR 信号の消滅

Heating of quartz gouge and decay of the ESR signals during high-velocity friction experiments

浅井 貴之[1], 豊田 新[1], 廣瀬 丈洋[2], 嶋本 利彦[3]

Takayuki Asai[1], Shin Toyoda[1], Takehiro Hirose[2], Toshihiko Shimamoto[3]

[1] 岡山理大・理・応物, [2] 京大・理・地鋳, [3] 京大・院・理・地鋳

[1] Applied Phys., Okayama Univ. Sci., [2] Graduate School of Science, Kyoto University, [3] Dept. of Geol. & Mineral., Graduate School of Science, Kyoto Univ.

<http://ns48a.dap.ous.ac.jp/~toyoda/index.htm>

ESR (電子スピン共鳴) 年代測定は、自然放射線によって生成し、鋳物中に蓄積した不対電子の量を ESR によって定量することによって行われる。断層粘土中の石英を用いて断層の活動年代が求められるとされ、他に断層の活動年代を直接求める方法がないために、早くから注目された。実際に年代測定が試みられたほか、信号消滅の機構や条件についても研究が行われてきている。今回、京都大学の高速摩擦試験機によって、初めて、実際の断層運動による摩擦に近い条件で、ESR 信号に対する摩擦の影響を評価することが可能になった。300 及び 1500rpm での実験の結果、250-500 の加熱が起きていた可能性があることが ESR 信号の減少から推定された。

ESR (電子スピン共鳴) 年代測定は、自然放射線によって生成し、鋳物中に蓄積した不対電子の量を ESR によって定量することによって行われる。ESR 測定によって得られた自然放射線による被曝線量を、別の手法によって求めた年間線量率によって割ることによって年代を算出する。断層粘土中の石英を用いた断層の活動年代は、他に断層の活動年代を直接求める方法がないために、早くから注目され、年代測定が試みられたほか、信号消滅の機構や条件についても研究が行われてきた。断層の運動の年代として ESR による測定結果が報告されているものの、断層運動の時の消滅機構については、機械的は破碎によるものか、摩擦熱によるものか、いまだに議論が続いている。

ESR 信号の消滅の地質学的条件を求めるために、低速の摩擦破碎実験はいくつか行われた。ここでは信号の消滅が示され、機械的破碎によって消滅するとされた。しかしながら、後年になってその実験について疑義が指摘され、代わって断層運動時の摩擦熱による消滅の機構が提案された。しかし、ESR 信号を消滅させるほどの高速の摩擦実験は不可能であったため、この機構による ESR 信号の消滅は実験的には示されていなかった。しかし、今回、京都大学の高速摩擦試験機によって、初めてこの実験が可能になった。また、高速摩擦に伴う摩擦加熱によって断層の力学的性質が大きく変わることが実験的に示されている (Tsutsumi & Shimamoto, 1997; など)。摩擦加熱の影響は、断層運動が加速されて地震の発生に至る段階でとくに重要である可能性が高い。したがって、天然の断層帯で地震性断層運動に伴ってどの程度発熱があったかを定めることは、地震の「はじまり」の過程を理解する上でも極めて重要である。しかし、断層帯中にシュードタキライトが形成されている場合を除くと、断層帯内部でどの程度の発熱があったかを定める方法は開発されていない。本講演では、この点、すなわち、断層帯中の発熱(温度上昇)を ESR によって推定できるかどうかについても検討する。

本研究では、粒径 0.5-1mm の石英粒(花崗岩から抽出)約 1g を 2 つのガブロの円柱形試料(直径 25mm)の間に挟ませ、軸方向に 0.6MPa の垂直応力(軸荷重 294)を加えて、一方の試料を 300rpm (中央部分の等価速度で 0.20m/s) で 15 秒間、または 1500rpm (中央部分の等価速度で 1.0m/s) で 4 秒間回転させて実験をおこなった。その際、挟み込んだ隙間から試料がこぼれないように補助的にテフロンキャップで固定した。粉碎後、円状に試料が粉碎されているので最も摩擦の影響が大きいと思われる順に「外側」「中心と外側の間」「中心」の部分 3 種類に分類した。粉碎試料をガブロの間から取り出した後、ESR 信号を岡山県工業技術センターにて測定した。測定は、室温で行い E1' 中心を観測した他、-170 で Ti 中心、Al 中心を観測した。その後試料を 300 で 15 分間加熱後冷ましたのち再び測定を行った。これは粉碎時にどれくらいの加熱であったかを調べるためである。石英中の E1' 中心は 300 付近まで増大になりそれを越えた加熱をすることで減少していくことが知られている。つまり粉碎時に 300 を超える加熱が発生していればこの加熱によって増加することはなく、またその逆は増えていくということである。他方、Ti 中心、Al 中心の強度からもあらかじめ行われた加熱実験の結果を利用することで加熱時の温度を算出した。

E1' 中心の観測からは、300rpm のものに関しては上記 3 つの部分での違いがほとんど見られなかったが、1500rpm では外側にいくほど加熱の度合いが大きいように見える。そして、外側の試料は 300 を超える加熱があった可能性がある。また Ti 中心、Al 中心では、どちらの信号も 1500rpm では外側にいくにつれて信号が小さくなっている。これは、信号は粉碎時激しさ、もしくはその際の加熱によるものと考えられる。この効果が加熱であると

仮定して、信号強度の減少から温度を推定すると、Al 中心では 300rpm で約 400 、1500rpm で約 430 ~ 500 、
Ti 中心では 300rpm で約 250 、1500rpm で約 250 ~ 300 という結果になった。