

ESR法による地震断層の絶対年代測定 その原理と適用限界

Absolute dating of earthquake faults by the ESR method- Its principle and applicable limits

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/>

ESR (電子スピン共鳴) 法は、天然鉱物中の格子欠陥に捕獲されたスピン (不対電子) を検出し、スピン濃度に比例する ESR 信号の成長曲線から被曝放射線量 (総被曝線量) を求める線量計測法である。総被曝線量を年間線量率で割ることにより ESR 年代値が得られる。

ESR 法により地震断層の絶対年代測定を行う場合には、主に 2 つの方法が考えられる。1 つは、断層摩擦熱により ESR 信号がリセットされることを利用するものである。この場合には、地表付近の断層すべりでは ESR 信号のリセットがほとんど期待されないため、ボーリング掘削などで地下深部から試料を採取する必要がある。野島断層ボーリング掘削コア試料の研究によれば、深度約 390m の浅所で断層ガウジ中の ESR 信号が大幅に減衰しているのが確認された (Fukuchi & Imai, 2001)。また、最近の台湾チェルンブ断層深部掘削コア (Hole B) 試料の研究では、断層活動時に不透水性の断層ガウジ帯を 350 m 以上の高温熱水が通過した可能性が指摘されており (Ishikawa et al., 2008)、断層摩擦熱により直接 ESR 信号がリセットされなくても、高温熱水が通過することにより ESR 信号のリセットが実現する可能性がある。これらの熱による ESR 信号のリセットを利用する方法では、測定試料周辺の温度がリセット温度まで上昇したことを証明する必要がある。350 m 以上の高温熱水が通過したとされるチェルンブ断層黒色ガウジ帯から検出されるスメクタイト固有の四重信号は、加熱実験によると 350 m でほぼ消滅する (Fukuchi, 1996) ので、高温熱水により完全にリセットされていると考えられる。⁶⁰Co 線源による線照射実験の結果、四重信号は $1 \pm 122\text{Gy} \sim 71 \pm 78\text{Gy}$ (2 σ) の総被曝線量を示した。一般的な泥質岩の年間線量率 ($2 \pm 1\text{Gy/ka}$) で総被曝線量を割って ESR 年代値を仮に見積もると、 $1 \pm 61\text{ka} \sim 36 \pm 53\text{ka}$ (2 σ) となり、1999 年集集地震時とは言えないがごく最近活動したことが分かる。このスメクタイト固有の信号を利用すれば、年間線量率によっては 50ka 以下の年代値を決定できる可能性がある。

もう一つは、断層破碎作用により新たに生成される ESR 信号や鉱物を利用する方法である。断層作用により母岩が破碎されて断層ガウジが生成するが、周囲に水が存在すれば、直ちにガウジと水が反応してスメクタイトやカオリナイトなどの粘土鉱物が生成する。従って、このような粘土鉱物起源の ESR 信号を利用すれば、粘土鉱物の生成年代から間接的に断層活動年代を求めることができる。この方法の問題点としては、粘土鉱物は安定生成温度以上では存在できないので、粘土鉱物生成以前の断層活動年代は求めることができないことと、年代が古すぎる場合には ESR 信号が飽和してしまうことにある。長野県西部に分布する活断層である境峠断層の断層ガウジからは、スメクタイト固有の四重信号と石英の脆性破壊で生成する表面 E' 中心が検出され、四重信号からは $0.84 \pm 0.36\text{Ma}$ (2 σ)、表面 E' 中心からは $0.45 \pm 0.17\text{Ma}$ (2 σ) という年代値が得られた。両信号とも放射線照射により得られる増加曲線の決定係数はそれぞれ 0.977 と 0.997 であり、放射線量に対して規則的に増大して行くので、総被曝線量の信頼性は非常に高い。また、両信号は起源を異にするにも拘らず、年代値は誤差範囲内で一致していることを考慮すると、年代値の信頼性は高いと考えられる。

参考文献

T. Fukuchi, 1996, Quartet ESR signals detected from natural clay minerals and their applicability to radiation dosimetry and dating. *Jpn. Appl. Phys.*, 35, 1977-1982.

T. Fukuchi & N. Imai, 2001, ESR and ICP analyses of the DPRI 500m drilling core samples penetrating through the Nojima fault, Japan. *Island Arc*, 10, 465-478.

T. Ishikawa et al., 2008, Coseismic fluid-rock interactions at high temperatures in the Chelungpu fault. *Nature geoscience*, doi:10.1038/ngeo308.