

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 2 日現在

機関番号：10102
研究種目：基盤研究(C)
研究期間：2011～2013
課題番号：23540526
研究課題名(和文) 光励起蛍光法による「活断層」年代測定法の開発

研究課題名(英文) Application of OSL dating for active fault

研究代表者

鷹澤 好博 (Ganzawa, Yoshihiro)

北海道教育大学・教育学部・教授

研究者番号：40161400

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：石英のOSLが熱に極めて敏感(300℃×20秒でリセット)であることに注目しOSL法による活断層年代測定のための基盤研究を進めた。アニール実験からOSLのFC(速成分)とTLのシグナル消失条件を検討したところ、OSLでは300℃、20秒で、UV-TL270領域では300℃、12～30秒で消失した。トラップ寿命の評価でも、同様な結果が得られた。このことからOSL法は活断層年代測定に有効であることが示された。

研究成果の概要(英文)：Active fault dating was tested by OSL method on the basis of the sensitive of the signals to heat. Anneal experiment used fast component of OSL and TL signals showed that the former signal vanished for 20s at 300C and later one lost signals for 12-30 s at the same temperature. The trap life evaluated by the T calculation also showed the same value. The result showed the variability of OSL method for active fault dating.

研究分野：数物系化学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：光励起法 断層年代測定 石英 跡津川断層

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災に代表される地震活動の周期性を知ることは減災を図るうえで重要な課題である。活断層の年代測定を行う年代測定は活断層の最終活動時代を明らかにし、地表トレンチ調査などから得られた地形地質情報と統合化させ、それぞれの断層の周期性を明らかにするための重要な科学的な方法である。しかし、以下に述べるように、これまでの手法は必ずしも期待年代との一致が認められず、新たな手法開発が求められている。

2. 研究の目的

これまで断層年代測定的手法として、ESR法や FT 法が用いられてきたが、リセット温度が 400 以上と高く、そのため得られた年代はいずれも期待年代より古い。このことは、断層活動時にそれぞれの手法のシグナルはリセット温度に到達したとは考えられないことを示している。一方、光励起刺激年代測定法 (OSL 法) は、これまで堆積岩の年代測定手法として用いられ、光によるシグナルリセットばかりに注目がされてきたが、温度に対するシグナルリセット温度に注目されることは少なかった。実際のシグナルリセット温度は従来の手法に比べ、相当低いと考えられる。そこで、この方法が断層年代測定法として使えるかどうかの検討を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 新たな OSL 装置を科研費にて開発した。励起部は励起光として最大 75 mW/cm² 程度を確保できるよう青色 LED20 個 (日亜化学: NSPB300A) を配列した。また、小型 X 線 (Varian 社: VF 50) を搭載し X 線強度 2.05 Gy/m を確保し、SAR 測定を可能とさせた。また、紫外線 (受光中心波長: 340 nm) 受光のため、新たに RR0340 (朝日分光) を採用した。これらの改良の結果、以前に比べ約 2.5 倍感度上昇に成功した。

(2) 基礎的な研究として、OSL シグナルがどの程度の温度で消失するかを検討した。また、この値を理論計算から導かれる値 () と比較した。跡津川断層から採取した試料 (DM-L) を用いて OS 年代測定を行い、得られた年代が歴史記録に残された年代とどの程度合致するかを検討を行った。

4. 研究成果

(1) 石英の OSL 年代測定条件を決定するため、プレヒートプラトーテスト (preheat plateau test 以下 PPT) を行った。実験は人工太陽 SOL2 で 60 秒間照射し、石英 10 粒子の天然 OSL シグナルをリセットした。その後、既知線量 5 Gy を照射し、SAR によるこの既知線量の復元テストを行った。その際、PH 条件を 200 から 260 まで 20 ごとに 4 段階を設定し、10 秒

加熱とした。その結果、220 PH が許容範囲内に集中し、OSL 年代測定の PH 条件として最適と判断された。

(2) 温度に対する OSL や TL のトラップ寿命 () を (1) 式から求めた。

$$= s - 1 \exp (E/kT) \quad (1)$$

(1) 式中の s は頻度ファクター (frequency factor, s⁻¹)、E はトラップ深度 (trap depth, eV)、T は絶対温度 (K)、k はボルツマン定数 (8.615 x 10⁻⁵ eV K⁻¹) である。本論では OSL (FC) の計算に s = 8.9 x 10¹³ s⁻¹、E = 1.74 eV を用いた。この値を用いると図 1 の曲線が得られ、20 の時 = 310 Ma であるが、温度が上昇すると極端に減少し、300 でわずか = 20 秒程度になる。

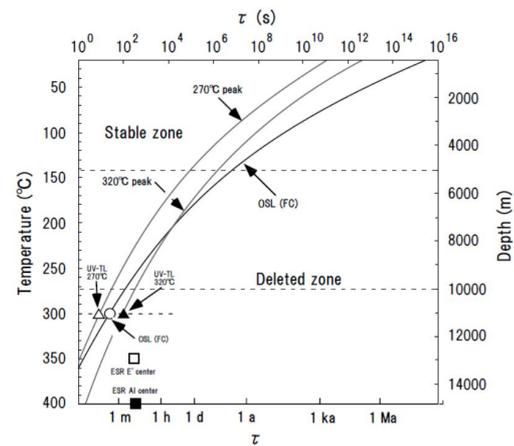


図 1 で示される OSL リセット温度

一方、実際の OSL アニール実験から OSL (FC) シグナルの消失条件は 310、10 秒で 50% の OSL シグナルが消失し、350、10 秒で消失する (図 2)。実験試料 DM-L について 300 のアニール実験を行ったところ、OSL シグナルは 10 秒の加熱で 20% 程度に減少し、20 秒でほぼ消失した (Fig. 10)。この消失条件は上述 (1) 式の = 20 秒とよく一致している。

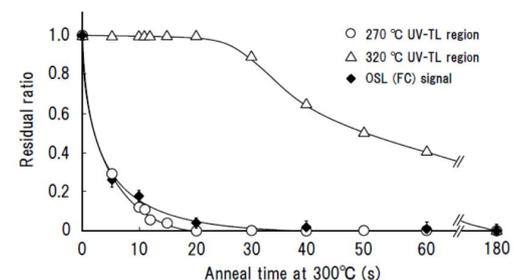


図 2 加熱による OSL 減衰曲線 ()

(3) 温度に対する OSL (FC) トラップと UV TL のトラップ寿命 () を地温勾配との関係で検討した。跡津川断層の深さ (幅) は約 15 km であるが、岐阜県神岡町跡津川付近の地下 1

km の地温(36)と地温勾配(26 /km)から断層地下の温度を推定できる。そこで、図 1 に地下推定温度を断層の深度(m)に置き換え(右側縦軸)、これと の関係を示した。図から地下 10 km と 5 km の地温は 270 ,145 程度であり、それぞれの深度での OSL の は 10 秒単位と 100 日単位に過ぎない。UV TL270 と 320 のラフな 見積もりでも、10 km ではいずれも秒から分単位で、5 km では OSL より小さい値を示す(図 1 破線)。こうした の見積りからすると、地下深部になるほど OSL や UV TL トラップは安定に保存されない傾向が明瞭で、ESR や FT と比べると極めて熱安定性に乏しい。これに対して地表部(20)は熱安定性に優れている。したがって、断層運動の熱が地表に摩擦熱あるいは熱水として伝搬し、その温度が 300 ,12 秒程度以上に相当する熱条件を満たした場合のみ OSL シグナルはリセットされ、断層年代測定の手段として用いることができると判断される。そして、シグナルが飽和に至る 100 ka 程度(De = 180 ~ 200 Gy)までの期間、年代測定が可能であると考えられる。

(4)年間線量測定は OSL 年代測定決定の重要な要素である。したがって、厳密に測定することを心掛けた。実際には以下のように進めた。年間線量を求めるため、ICP MS 分析による U, Th および K の定量を行った。その結果、U = 2.06 ± 0.1 ppm, Th = 5.09 ± 0.2 ppm, K2O = 1.46% が得られた。また、Adamiec and Aitken(1998)の新コンバージョンファクターから 線の石英に対する透過率を求めた。採取地点の破碎帯から採取した試料の平均含水率は 0.18(含水重量/乾燥重量)であった。さらに、Prescott and Stephan(1982)および Prescott and Hutton(1994)の北緯 40 度、海水準面の宇宙線量(0.185 mGy/a)から導かれた試料採取地点の宇宙線量は 0.1 mGy/a であった。これらの値を用いて、Ganzawa and Ike (2011)や小川ほか(2011)の方法に従って年間線量を決定した。その結果、粒径が 63 ~ 125 μm の場合 1.75 ± 0.1 mGy/a, 125 ~ 250 μm では 1.72 ± 0.1 mGy/a, 250 ~ 355 μm では 1.67 ± 0.1 mGy/a, 355 ~ 500 μm では 1.63 ± 0.1 mGy/a となった(表 1)。

Annual dose									
sample code	U (ppm)	Th (ppm)	K ₂ O (%)	Water content	D _a (U+Th+K ₂ O) (mGy/a)	cosmic ray (mGy/a)	grain size (μm)	D _a (mGy/a)	
DM-L	2.06 ± 0.1	5.09 ± 0.2	1.46	0.18	0.80	0.01	63-125	1.75 ± 0.1	
							125-250	1.72 ± 0.1	
							250-355	1.67 ± 0.1	
							355-500	1.63 ± 0.1	

表 1 年間線量測定結果

(5)断層時の加熱が異なるサイズの粒径に対して、異なる熱影響を与える可能性も考慮して、DM-L の 4 つの粒径(63 ~ 125, 125 ~ 250, 250 ~ 355, 355 ~ 500 μm)から OSL 年代測定を進めた。天然そして再生照射 OSL は明瞭な発光曲線を持ち、成長線もよい直線性を示す。

また、回復テストに対しても発光はなく、リサイクリングテストもほぼ 1.0 を満たす。すべての粒径で測定した 80 アリコットの年代分布は 0 ~ 0.7 ka の範囲にあり、その単純平均年代と標準偏差に基づく誤差年代は 0.2 ± 0.2 ka であった。この年代(0.2 ± 0.2 ka)は飛越地震の時代、1856 年(2013 年を基準に 157 年前)に誤差内で一致している。一方、UV-TL (紫外線領域熱ルミネッセンス)では、SAR による蓄積線量(De)は 270 発光ピークカウントを用いた場合 320 Gy 程度であった。年間線量は 1.7 mGy であるので、年代はそれぞれ約 190 ka となる。この年代は熱に敏感な 270 領域の結果であるが、断層活動年代と一致しなかった。

(5)今後の研究課題を以下まとめておく。まず、断層石英が地震時にどの程度の温度に達したかの評価方法がまだ確立されていないことである。今回測定対象とした DM-L が飛越地震の際に OSL リセット条件である 300 x20-40 秒に到達したかどうか、判然としない。根本的な検討が必要である。次に、源岩石英からの OSL シグナルは予想に反してほとんど発光しないことが判明している。この場合、断層活動が数百年程度の石英の弱い OSL シグナルとの判別が困難になる。両者をどのような基準で判別するのか、この点も根本問題として、残されている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3 件)

テフラ石英の RTL (赤色熱蛍光) 年代測定法の展開と課題。鷹澤 好博・三浦 知督・高橋 智佳史, 号外地球, 62, 2013, 18-25. 査読無。

ISSN0387-3498

光ルミネッセンスと熱ルミネッセンスを利用した活断層破碎帯の年代測定法。鷹澤 好博・高橋 智佳史・三浦 知督・清水 聡, 地質学雑誌, 120, 2014, 714-726. 査読有。

DOI:10.5575/geosoc.2013.0052

赤色ルミネッセンス (RTL) および恒温加熱赤色熱ルミネッセンス (IRTL) 法による十和田八戸火砕流の単粒子石英年代測定。小川 明日香, 栗田 寛子, 鷹澤 好博, 第四紀研究, 50, 2011, 169-180. 査読有。

ISSN0418-2642

〔学会発表〕(計 12 件)

活断層ガウジの OSL 年代測定法。鷹澤 好博, 第 30 回 ESR 応用計測研究会, 2014.2.(大阪府伏見)

活断層ガウジの光励起ルミネッセンス (OSL) 年代測定法。鷹澤 好博, 高橋 智佳史, 三浦 知督, 日本地質学会, 2013.9.(東北大学)

ルミネッセンス法による活断層ガウジの

熱影響分析 .三浦 知督 ,高橋智史佳 ,鴈澤 好博 , 日本第四紀学会 , 2013.8.(弘前大学)

光励起ルミネッセンスによる活断層ガウジの年代測定法 . 高橋 智佳史 , 三浦 知督 , 鴈澤 好博 , 日本第四紀学会 , 2013.8.(弘前大学)

RTL dating of volcanic quartz grains from Japanese Pleistocene volcanos. Yoshihiro Ganzawa, Chikashi Takahashi, Yuri Kambara, Kazuhiro Miura, 3rd Asia-Pacific conference on luminescence and ESR, 2012.11. (Okayama University of Science)

Preliminary OSL dating of an active fault movement from 1958 using several quartz grain sizes. Yoshihiro Ganzawa, Satoshi Shimizu, Yuri Kambara, UK luminescence and ESR meeting, 2012.9. (Aberystwyth University, UK)

石英単粒子によるテフラの RTL 年代測定 . 三浦 友督 , 鴈澤 好博 , 2012 年度日本地質学会 , 2012.9. (大阪府立大学)

石英の LM-OSL 年代測定と装置開発 . 高橋 智佳史 , 鴈澤 好博 , 2012 年度日本地質学会 , 2012.9. (大阪府立大学)

OSL 法による活断層年代測定 . 神原 悠里 , 鴈澤 好博 , 2012 年度日本地質学会 , 2012.9. (大阪府立大学)

跡津川断層の破碎帯試料の OSL 年代測定 . 鴈澤 好博・清水 聡 , 第 28 回 ESR 応用計測研究会 , 2011,12. (別府市)

OSL 法による活断層の年代測定 . 清水 聡 , 鴈澤 好博 , 2011 年度日本地質学会 , 2011.9. (茨城大学)

OSL dating of Atotsugawa fault using fine quartz grains. S.Shimizu ,Y .Ganzawa , 地球宇宙科学連合学術学会 , 2011.5. (千葉幕張メッセ)

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年月日 :

国内外の別 :

取得状況 (計 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

取得年月日 :

国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

鴈澤 好博 (GANZAWA , Yoshihiro)

北海道教育大学・教育学部・教授

研究者番号 : 40161400

(2) 研究分担者

()

研究者番号 :

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :