

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：10102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K13889

研究課題名(和文) 光励起蛍光(OSL)地質温度計による断層ガウジの到達温度推定

研究課題名(英文) Evaluation of fault gauge temperature using quartz grains by OSL method

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) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：断層活動中に断層ガウジが到達する温度を見積もるため、SAR法を用い、熱でOSLの感度が変化する性質の利用を検討した。花崗岩基盤岩石英の加熱実験では、室温から440℃まで加熱し、温度に対する感度変化を明らかにした。その結果、石英が320℃に加熱されたとき、OSLシグナルは完全に消失し、感度変化(T_6)は0.85まで上昇した。感度変化の範囲、0.2～1.2を用いるとこの値から断層ガウジの到達温度の推定が可能である。感度変化の程度は阿寺断層帯であっても試料による依存性が大きい。また、同じ地域の花崗岩基盤石英の感度変化は天然加熱がされていないにも関わらず、等価線量に応じた感度変化を示す。

研究成果の概要(英文)：A method is proposed to estimate the temperature attained by gouge quartz grains during fault movements, based on thermally induced OSL sensitivity changes in the SAR protocol. Quartz grains from the host rock were heated from 20 to 440 °C to assess the correlation between OSL sensitivity change and the temperature experienced by the grains. The results show that when a quartz sample reaches a temperature of 320 °C, the ratio of sensitivity change is about 0.85 and OSL signals are completely reset. Ratios of sensitivity change ranging from 0.2 to 1.2 were used as a geo-thermometer to determine the temperatures attained by fault gouge during fault activity. The degree of the sensitivity change is strongly depending on sample locations in the Aera Fault zone, central Japan. While, quartz grains collected from granite basements in the same area also shows a variation of the sensitivity change depending on the equivalent dose without any thermal events.

研究分野：地球科学

キーワード：fault gauge Frictional heat OSL quartz grains

1. 研究開始当初の背景

2011年地震災害や原子炉の基盤問題と関連し断層活動の周期性を年代測定から確立することがますます求められている。トレンチ内の断層認定とその地質層序からの年代推定は最も実効的な手法である。加えて、断層ガウジから直接に年代やその到達温度を明らかにする手法開発が社会的にも求められている。これを満たすことのできる手法としては ESR や FT 法がある。これらは断層運動の摩擦や熱水による加熱が年代に従って蓄積したシグナルが消去することに基づいている。しかし、これまで得られている年代は活動年代と比し明らかに古く、そのことはこの2つの方法のシグナルリセット温度が断層到達温度より相当高いことが原因と考えられる。一方、2000年に入って石英を利用した OSL (光励起) 年代測定法が急速に進展している。加熱によるシグナルもリセットすることが知られているが、この手法による活断層研究は十分に展開されていない現状にある。以上の背景に基づいて申請研究を進めた。

2. 研究の目的

OSL シグナルは、Singarayer et al.(2003)の研究に基づけば OSL のリセット温度は (300 , 数十秒) で、ESR や FT 法に比べて明らかに低い。したがって、断層活動年代を明らかにできる可能性があること、加えて OSL の熱に対する反応が OSL シグナルの感度変化に現れるので、これを利用した熱温度計の開発が可能である。本研究では、特に後者に重点を置き、OSL 法による断層活動の到達温度推定を目的とする。

3. 研究の方法

加熱による OSL 感度変化は SAR 測定を用い、主に次の2つの方法から検討した。まず、1) 基盤石英やカタクレサイト石英を対象に、地震時の到達温度を再現し、最高約 440 までの加熱を行い、OSL シグナルの減少とその際の感度変化との関係性を明らかにすること。その際、加熱時間は 40 秒に固定した。次に、2) 野外採取の断層ガウジ試料について、SAR 法から等価線量 (De) と感度変化を明らかにすること。3) 1) および 2) から断層の到達温度を推定し、これを他の手法から導かれた推定温度と比較すること。最後に、4) 石英を対象とした OSL 法適用の問題について、1) と 2) から得られたデータをもとに検討すること。

4. 研究成果

(1) 加熱実験の感度変化：中津川市宮脇横川谷沿いの基盤花崗岩石英を用いて、加熱により石英の OSL 感度変化が起こるのかについて検証し、到達温度の推定方法について検討した。加熱実験(試料名：YTB)では 180 - 440 (x40 秒) まで加熱を加えた。また隣接する田瀬地点においてもカタクレ サイト(試料

名：TSB) を用いて同様の実験を行った。感度変化は蓄積線量を求める際、SAR 法で行われるテスト線量照射で得られる最終サイクルの値 (T6) を用いた。その結果、いずれの試料でも加熱温度の上昇とともに、感度は上昇した(図 1)。YTB では、未加熱の感度は 1.7 程度であるが 440 加熱で 3.2 程度まで上昇する。また、TSB では未加熱 0.2 程度の感度が 320 加熱で 0.85 程度まで上昇する。このことから感度変化を用いれば、断層ガウジの到達温度が推定できると考えられる。ただし、加熱による OSL 感度の上昇は、試料への依存性が大きいと考えられる。

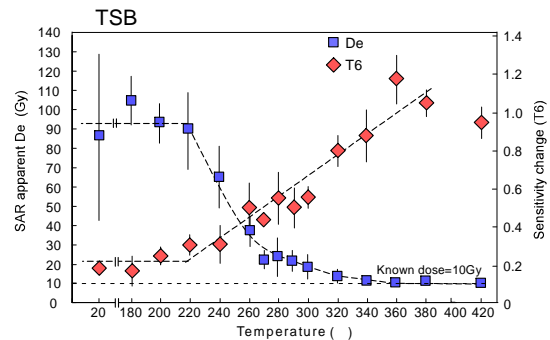


図1 加熱による石英 OSL の感度変化

(2) ガウジの感度：TSB に接触するガウジから抽出された石英について、それらの感度を測定したところ、図2の結果が得られた。ガウジの感度変化は 0.2~1.8 に広い範囲にあるが、特に 0.5~1.2 に集中する傾向がある。この範囲は加熱実験で示された TBS の 280~380 に対応する。したがって、阿寺断層田瀬地点のガウジの到達温度は 280~380 に到達したと推定することができる。

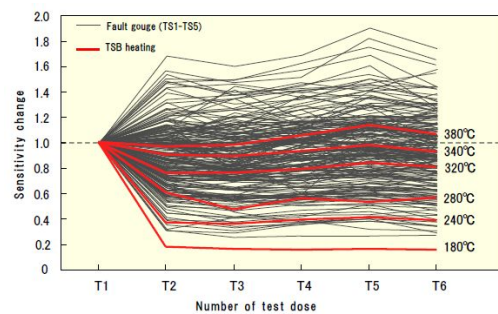


図2 断層ガウジの感度変化分布

(3) OSL による温度推定：OSL で推定された到達温度は実体温度を現しているのか。この点を同じ地点から採取されたガウジ中の粘土鉱物分析からの結果と比較した。粘土鉱物中にはスメクタイト、ハロイサイトが生成していることから、加藤ほか(2015)は 250 に到達しなかったと推定した。単純な温度比較では、OSL からの推定との間に大きな乖離があるように見える。しかし、粘土鉱物生成には日単位の時間が必要である。したがって、正確にはこれらの粘土鉱物は <250 x24h< の条件下で生成したと考えられる。実験の石英

の OSL リセット条件は 320-340 x40s であるので、両者を単純に温度だけで比較することはできない。そこで、OSL について 24h 加熱時のリセット温度条件をアルヘニウスプロットから推定した(Singrayer et al., 2003)。その結果、OSL リセット温度は 195 程度と推定される。この結果は粘土鉱物生成条件と矛盾しない。

断層年代測定の各手法のシグナルリセットは摩擦熱かあるいは熱水によるのかが判然としない。粘土鉱物の生成条件を制約事項とすれば OSL 実験から導かれる結論は、到達温度は 200 程度でそれが 24h 以上継続したことになる。また、300 以上の加熱が 40 秒程度で OSL はリセットしたが、それは粘土鉱物生成条件を満たさなかったとの解釈も可能である。その場合、シグナルリセットが一挙に起こることを想定することができる。

(4) 感度変化温度推定の問題点：阿寺断層の基盤花崗岩が分布する横川谷から採取した試料について、OSL 感度変化の測定を行った。その結果、基盤花崗岩で感度 0.4-1.5 の幅広い値を示した。また、これに対応して等価線量(De)も 2-130Gy の範囲にあった(図3)。また、カタクレサイトは 0.3-1.4 の範囲にあり、等価線量は 2-200Gy の広い範囲にあった。ここから 2 つの点が指摘できる。まず、感度変化(T6)と等価線量(De)の間にはおおざっぱに見て負の相関関係がある。この関係は(2)加熱実験で見いだされたが、未加熱の天然においても同様な傾向が見られることが明らかとなった。したがって、感度変化に基づいて単純に温度評価を行うことは危険であることを示している。もう一点は、カタクレサイトはより De が高く T6 が低い点である。熱を受けていない基盤花崗岩は熱を受けたカタクレサイトより等価線量が低いことが期待されるが、そのようにはなっていない。こうしたことから、次の点が類推される。熱を被っていない花崗岩石英の等価線量(De)は低く感度は高い値を示す傾向があるが、ある程度の熱を受けカタクレサイト化されると、線量が強く感度が低くなる現象が生じる。そして、これに断層活動が加わりガウジ化すると、(2)実験結果のように感度上昇と等価

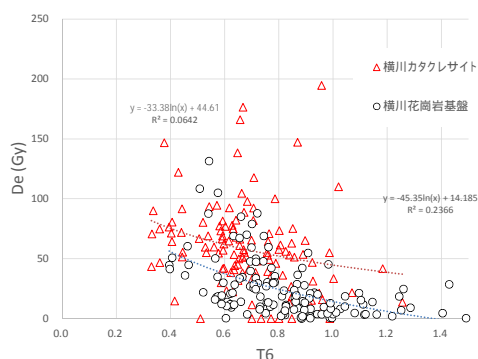


図3 花崗岩基盤の等価線量と感度変化

線量の減少が起きる。

(5) OSL の構成成分：等価線量が期待値より相当低いことは OSL 構成成分にフェーディング成分が卓越することによる可能性がある。そこで、LM-OSL 法により、構成成分の検討を行った。その結果、田瀬地域の花崗岩石英において、M および S 成分が卓越しており、年代測定に資する F 成分が極めて少ないことが明らかになった。そのため、現在のところ、OSL 年代を評価できるところまでの研究には至っていない。一方、なぜ、カタクレサイトや粘土帯で、比較的高い等価線量値を示す石英粒子が多数含まれるのか不明で、今後の研究課題として残された。断層周辺で起きている石英の OSL 現象は複雑であると考えられる。

<引用文献>

加藤尚希、廣野哲朗、石川剛志、大谷具幸、阿寺断層の阿寺断層田瀬露頭における断層ガウジの鉱物学的・地球化学的特徴、活断層研究、2015、43号、1-16

Singrayer, J.S., Bailey, R.M., 2003, Further investigations of the quartz optically stimulated luminescence components using linear modulation. Radiat. Meas. 37, 451-458.

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計8件)

菊地隆太、安達大悟、小山莉果、鷹澤好博、阿寺断層帯石英の OSL 発光特性、ESR 応用計測研究会、2018、国立極地研究所

川合史夏、鷹澤好博、徳安佳代子、安江健一、断層石英・長石を利用した ESR 及び IRSL 年代測定の試み、ESR 応用計測研究会、2017、明日香村しいの木迎賓館

菊池龍太、高橋智佳史、川合史夏、鷹澤好博、断層石英に見られる OSL シグナルの特性と OSL トラップ寿命、ESR 応用計測研究会、2017、明日香村しいの木迎賓館

鷹澤好博、菊池龍太、佐々木碧、佐々木高宗・高橋智佳史、阿寺断層ガウジ石英の OSL 特性、日本地質学会、2016、日本大学

長谷部徳子・三浦知督、鷹澤好博、断層運動の温度時間推定：熱ルミネッセンス法の可能性、日本地質学会、2016、日本大学

三浦知督、長谷部徳子、鷹澤好博、田上高広、林愛明、野島断層 2015 小倉トレンチ破砕部から得た石英のルミネッセンス特性、日本地質学会、2016、日本大学

鷹澤好博、菊池龍太、佐々木碧、蛭名絵理、佐々木高宗、OSL 法による断層ガウジの年代

測定、日本地球惑科学星連合 2016 年大会、
2016、幕張メッセ

鷹澤好博、更新世火山石英の Red TL (赤色
熱蛍光)年代測定、日本地球惑科学星連合
2016 年大会 (招待講演) 2016、幕張メッセ

6 . 研究組織

(1)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：4 0 1 6 1 4 0 0