

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：84422

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26800263

研究課題名(和文)日本の河川堆積物に最適なOSL年代測定法の開発 断層の活動性評価に向けて

研究課題名(英文)Applicable OSL dating for fluvial sediments in Japan

## 研究代表者

徳安 佳代子(Tokuyasu, Kayoko)

一般財団法人地域地盤環境研究所・その他部局等・その他

研究者番号：90721944

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：日本の堆積物には様々な起源からもたらされた石英粒子が含まれており、それが日本の堆積物に対する光ルミネッセンス(OSL)年代測定法の適用を困難にしている。本研究は特に適用が困難とされる日本の河川堆積物に最適なOSL年代測定法について検討を行った。研究成果として、堆積物中の石英のfast成分は最初にその起源に依存して生成され、削剥後、熱によって後天的に生成されない可能性が示唆された。また、木曽川沿いの河成段丘堆積物試料からテフラの分析結果と矛盾しないOSL年代値が得られたが、OSL信号特性から年代値を若く見積もっている可能性がある。

研究成果の概要(英文)：It is still difficult to apply OSL dating to quartz grains from sediments in Japan because the quartz grains are derived from complex mixtures sources. In particular, the application of OSL dating to fluvial sediments is very limited. I therefore challenge to find out optimal OSL dating method to fluvial sediments in Japan. Research findings imply that generation of quartz fast component is based on the quartz origin and that the fast component is not generated by heating after erosion. In addition I measured quartz grains from fluvial terrace sediments along Kiso River, and its adequacy is considered in the correlation with intercalated maker tephra. The obtained OSL ages are about 40-50 ka. The OSL ages are corresponding to the tephra ages, but as far as we can foresee, being underestimated because the quartz samples were dominant by medium and slow component which is unsuitable for OSL dating.

研究分野：第四紀学

キーワード：光ルミネッセンス(OSL)年代測定 河成段丘堆積物 OSL信号特性 後背地

## 1. 研究開始当初の背景

高レベル放射性廃棄物を安定かつ安全に地層処分するための重要な検討課題として、過去 10 万年程度の地質環境の長期安定性評価に伴う断層の活動性評価がある。内陸部における断層の活動性評価では、断層の上載層となる河川堆積物（河成段丘堆積物や扇状地堆積物）の年代を決定することが必要となる。しかし、 $^{14}\text{C}$ 法の適用限界の 50ka 以前の堆積物やテフラが保存されていない地域では、現状では河川堆積物の年代情報を得ることが難しい。そこで、河川堆積物に普遍的に存在する石英や長石粒子を用いて、過去十数万年～数十年という幅広い堆積年代を直接測定できる光ルミネッセンス (Optically stimulated luminescence; OSL) 年代測定法の適用が期待されている。

OSL とは、鉱物内に蓄積した放射線損傷が光によって解消されて (ブリーチング)、発光する現象であり、発光量は過去の被ばく線量に比例する。そのため、OSL 年代値 (ka) は試料内に蓄積された総被ばく線量 ( $D_0$  値、単位; Gy) を単位時間当たりの年間線量 (単位; Gy/1000 年) で除することで得られる。また、OSL には光照射に敏感に反応して発行する成分 (fast) 成分とそれよりも光に対して鈍感な成分 (medium 及び slow 成分) とがある (Bulur, 1996)。fast 成分は、光に対して敏感だけでなく、熱や放射線に対して安定なため、この成分からの発光を用いて年代測定を行うことが望ましい (Wintle and Murray, 2006)。石英粒子の OSL 年代測定法で主に用いられる測定手順が SAR 法である (Murray and Wintle, 2000)。この SAR 法は、大陸の比較的単純な起源の岩石からもたらされた fast 成分が卓越した堆積物中の石英粒子を用いて発展し、幅広い堆積物試料に適用されている。しかし、複雑な地質背景をもつ日本等の変動帯の試料では、この SAR 法がうまく適用できない場合があり、年代値を若く見積もってしまうことがある (例えば、Preusser et al., 2006)。これは、堆積物の起源となる岩石の種類が OSL 年代に影響することを示唆していると考えられる。しかしながら、後背地や石英の OSL 信号特性を考慮した河川堆積物の測定例はなかった。

## 2. 研究の目的

このような研究背景を踏まえ、本研究では、試料の後背地の地質を考慮し、個々の試料の OSL 信号特性に最適な OSL 年代測定法について検討することを目的とする。

## 3. 研究の方法

目的の達成に向けて (1) 熱に対する OSL 信号特性の変化に関する検討及び (2) 河成段丘堆積物の OSL 年代測定と指標テフラ分析を行った。(1) では、日本の堆積物から抽出した石英粒子を 4 つのグループに分けて、それぞれ 500、600、800、1000°C で 8 時間加

熱処理を行った後、2kGy 放射線 ( $\beta$  線) を照射した試料の熱ルミネッセンスカラー (TLCI) を撮影した。また、加熱処理した試料の Linear modulated (LM) OSL 信号を測定し、OSL 信号特性の変化を調べた。OSL 装置は RISO OSL/TL-DA20 を用いて、石英試料に励起光として青色 LED (470nm) 照射し、フィルター (HOYA U340) を通った光 (ルミネッセンス) を OSL 信号として検出した。放射線照射は、装置に搭載されている  $\beta$  線源 (ストロンチウム 90) を用いた。今回は、試料に対して 80Gy の放射線を照射し、125°C・1000 で LM-OSL 測定を実施した。

(2) では、岐阜県中津川市の木曾川沿い (SG 地点) およびその支流 (付知川) 沿い (TD 地点) に分布する河成段丘堆積物から OSL 年代測定用の試料を採取し、年代測定を行った。木曾川の後背地は主に、苗木花崗岩などの花崗岩類と濃飛流紋岩からなる。

試料は、塩化ビニルのパイプを堆積物に打ち込んで採取した。パイプの両端部分の試料は、光曝している可能性があるため、年間線量を求めるために用いて、光曝されていないパイプの中央部分の試料のみを蓄積線量の測定に用いた。試料から石英を抽出するため、暗室において、1) 水洗い、2) 塩酸処理、3) 水酸化ナトリウム処理、4) 重液分離により 2.63 ~ 2.68g/cm<sup>3</sup> の粒子を取り出し、5) フッ酸処理を行った。OSL 測定は通常 SAR 法 (Murray and Wintle, 2003) を用いて、前述の装置を用いて実施した。蓄積線量の測定手順及び測定条件を表 1 に示す。年間線量は、化学分析により求めた堆積物中の U、Th、K、Rb の含有量から Guérin et al (2011) の変換係数を用いて算出した。宇宙線については、Prescott and Hutton (1994) に従って評価を行った。粒径に応じた  $\beta$  線の寄与については、Aitken (1985) に従って評価した。

テフラ分析については、段丘堆積物の砂層から抽出された軽石 (木曾川沿い露頭 2 試料、付知川沿い露頭 2 試料) について、洗浄・乾燥後、実体顕微鏡下で鉱物組成、火山ガラスの形態を観察し記載した。また、屈折率測定および主成分分析 (エネルギー分散型 X 線分析: EDS) を行った。

表 1 OSL 年代測定手順

Step	Treatment
1	Give dose (0 Gy if natural)
2	Preheat at 240 °C for 10s
3	OSL measurement at 125 °C for 40s
4	Give test dose
5	Cut-heat at 200 °C for 10s
6	IR stimulation at 60 °C for 100s
7	OSL measurement at 125 °C for 40s
8	Hot bleach at 280 °C for 40s
9	Repeat from step 1 to 8

#### 4. 研究成果

(1) 熱に対する OSL 信号特性の変化に関する検討

堆積物中の石英粒子の OSL 特性がどのような熱条件で変化するかを検討するために、段階的に加熱処理した試料の TLCI と OSL 信号の変化を調べた。その結果、元来 fast 成分が存在しない火山砕屑岩起源の試料では、800°C以上で加熱しても TLCI や OSL 成分に大きな変化は見られず、slow 成分が卓越したままであった。元来 fast 成分が存在する複数の試料では、500~800°Cの加熱で TLCI と OSL 信号に変化が生じ、fast 成分の割合が増える傾向がみられた。このことは、岩石から削剥された後に、元来 fast 成分が存在しない試料では、加熱によって fast 成分が生成されないことを示唆している。運搬・堆積サイクルの繰り返しによって fast 成分が生成される可能性は残っているが、本実験結果は、fast 成分の生成が、石英の起源に依存する可能性を示すものと考えられる。

(2) 河成段丘堆積物の OSL 年代測定と指標テフラ分析

##### ①河成段丘堆積物について

SG 地点と TD 地点の柱状図を図 1 に示す。SG 地点の露頭について、下部は砂層と軽石層からなり、1~5 cmの厚さの単層を含む。軽石は最大 4 cmで丸い形状をしており、再堆積したことを示している。その上部には水酸化鉄の層や軽石を含む砂層、礫混じり砂層、礫層が堆積している。その上には、平行または斜交葉理の発達した砂層が 80 cm堆積しており、最上部は黒色の砂層とシルト層からなる。TD 地点の露頭について、下部は岩片や軽石を含む細粒な砂層で、その上部には最大径 4 cmで角張っている軽石層が堆積しており、所々にシルト~泥の脈が見られる。軽石層から上は漸的にシルト~泥層が堆積し、最上部は平行葉理の発達した細~中粒の砂層からなる。これらの露頭では、OSL 年代測定用試料として、SG-1、SG-2、SG-3、TDU、TDB を採取し、またテフラ分析用試料として、SG2、SG4、TD100-11、TD50-60 を採取した(図 1)。

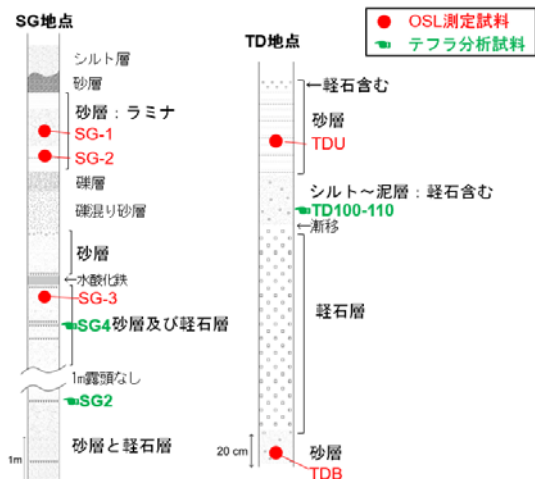


図 1 柱状図

##### ②テフラ分析結果

火山ガラスの化学組成(図 2)やテフラ及び堆積物の記載岩石学的特徴(表 2)から、SG2 は公表されている On-Pm1 (約 100ka) の火山ガラス分析値と一致した。一方で、SG4 及び TD100-110 には On-Pm1 とは異なる軽石であると推定される。また、TD100-110 は On-Pm1 よりも後に降下したとされる On-Tt または On-Yb に対比される可能性が考えられる。

これらの結果から、木曾川流域の段丘堆積物には、On-Pm1 に対比される軽石が含まれていることが分かり、段丘堆積物は 10 万年よりも新しい年代に堆積したと推定される。

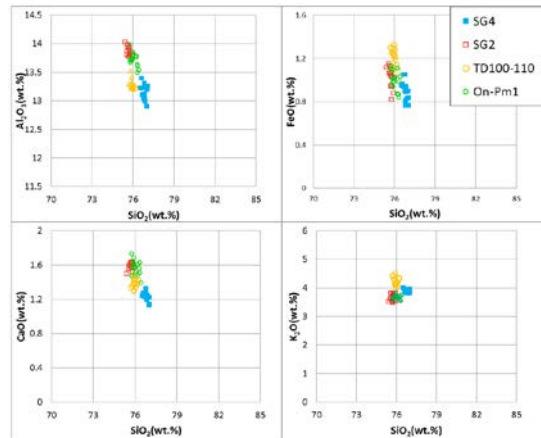


図 2 火山ガラスの化学組成

表 2 テフラと堆積物の記載岩石学的特徴

試料番号	層相	その他	主な鉱物	火山ガラスの形態	溶解率 (g/g)	溶解率 (cpx/y)	溶解率 (ho:zn)
TD100-110	sand+p		opx+ho, +tjo	pm (sb(青色))	1.501-1.502(無色)	1.710-1.716	-
TD50-60	pumice		opx+ho, +bio	-	-	1.711-1.715	1.686-1.690
SG2	pumice	glass EPMA	ho+opx, +bio	pm	1.501-1.504	-	1.680-1.686
SG4	pumice	glass EPMA	ho+opx	bw?, sb, str very fine	1.500-1.501	-	1.682-1.685

新編火山図アトラス(町田・新井, 2003)

試料番号	層相	その他	主な鉱物	火山ガラスの形態	溶解率 (g/g)	溶解率 (cpx/y)	溶解率 (ho:zn)
御台丘野 On-Tt	pfa		opx, cpx, ho	-	-	1.712-1.716(1.714)	1.684-1.696
御台新原 On-Yb	pfa		opx, ho, bio	-	-	1.713-1.716(1.715)	1.685-1.688
御台第1 On-Pm1	pfa		bio, ho, (opx)	pm, (bw)	1.501-1.503	1.706-1.711(1.708)	1.681-1.690 (1.681-1.685)

##### ③OSL 年代測定結果

各試料の減衰曲線を図 3 に示す。また、OSL 年代測定結果を図 4 に示す。SG-1、SG-3、TDB は年代誤差を含めておよそ 40-50 ka の年代を示した。SG-2 はこれらよりも若い 20-30ka の年代を示した。TDU はおよそ 80 ka の年代を示したが、これは自然含水比が 83.6% と高いことが原因と考えられる。

##### ④OSL 信号特性

石英試料の OSL 信号特性を LM-OSL 測定により調べた結果、SG 地点と TD 地点の試料には fast 成分が含まれていないことが分かった。これは、後背地に分布する濃飛流紋岩起源の石英が影響を与えていると考えられる。

OSL 年代は分析したテフラ年代と矛盾し

ない結果を示したが、fast 成分が欠如していることから、OSL 年代が小さく（若く）見積もられている可能性がある。今後の研究計画として、石英における信号消失の有無を調べる測定や fast 成分を有する堆積物を用いた検討を行うことで、試料の特性に適した OSL 年代測定について検討を進める予定である。

図3 OSL 減衰曲線

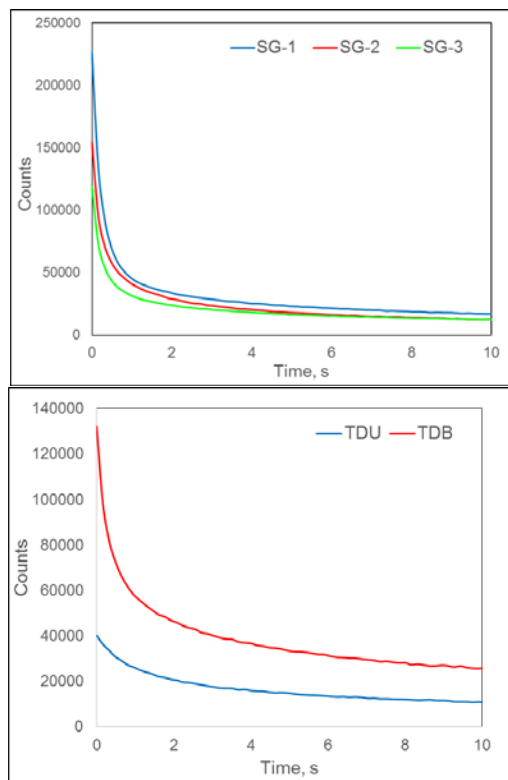
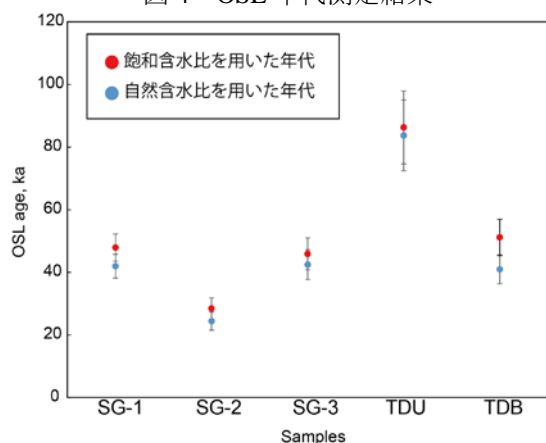


図4 OSL 年代測定結果



#### 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 0 件)

[学会発表] (計 3 件)

① Kayoko Tokuyasu, Relationships among

thermoluminescence color image, impurity concentration and characteristics of OSL signal from quartz grains extracted from sediments in Japan, 14<sup>th</sup> International Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating, 2014, Montreal Canada.

② Kayoko Tokuyasu and Kazuhiro Tanaka, Changes in optically stimulated luminescence components, thermoluminescence property and impurity content of natural quartz accompanied by thermal annealing treatment, INQUA Congress, 2015, Nagoya Japan.

③ 徳安佳代子、田村糸子、小松哲也、安江健一、河成段丘堆積物の OSL 年代測定と指標テフラ分析、日本地球惑星科学連合 2016 大会、2016.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

なし

#### 6. 研究組織

(1)研究代表者

徳安佳代子 (Kayoko Tokuyasu)

一般財団法人 地域地盤環境研究所・非常勤研究員

研究者番号：90721944

(2)研究分担者：なし

(3)連携研究者：なし

(4)研究協力者：なし