

## 要旨

第四紀後期のテクトニクスを議論する際, 約 10 万年程度の日本の長期的な隆起特性を 3 次元的に評価することは重要な検討課題である. 内陸の隆起特性は, 時代の異なる河成段丘面の比高を用いる方法 (TT 法) により求めることができる. TT 法は MIS6 と MIS2 に形成された段丘面の比高が約 10 万年間の隆起量とみなされ, 広い地域に適用可能である (幡谷, 2006). TT 法を適用するには MIS6 と MIS2 の段丘面の決定が求められるが, MIS6 のように  $^{14}\text{C}$  法の適用限界よりも古い時代に形成された段丘や被覆層中にテフラが保存されていない地域では, 段丘面の離水年代を決定することが難しい. そこで, 堆積物に普遍的に存在する石英・長石を用いて堆積年代を直接測定でき, 幅広い年代 (~100Ka 以上) を測定することができる OSL 年代測定法の適用が期待されている. OSL とは, ある波長の光を鉱物・結晶などにあてた時に, 放射線損傷の解消によって鉱物・結晶が発光する現象である. OSL 年代測定法は, 自然放射線の被曝により石英や長石などの鉱物内に放射線損傷が時間とともに蓄積される事を利用し, 年代値は総被曝線量である  $D_e$  (equivalent dose; 単位 Gy) を単位時間当たりの年間線量 (dose rate; 単位 Gy/y) で除して求める. 鉱物中に蓄積された放射線損傷は, 運搬・堆積の過程で太陽光にさらされることによってリセット (ブリーチング) され, 別の堆積物の被覆により太陽光が遮断された時から, 再び放射線損傷が蓄積される. 測定手法に関して, 1990 年代では複数のアリコットを用いる MAAD 法が主流であったが, 2000 年以降は単一のアリコットを用いる SAR 法が主に用いられるようになった. SAR 法は堆積物に適用され, 多くの成功例が報告されている. Tanaka et al.(2001)は日本で初めて河成段丘堆積物中の石英粒子から層位学的年代と調和的な年代値を得た. しかしその一方で, 変動帯に位置する地域からの石英粒子の OSL 測定には問題があることが分かってきた (例えば Preusser et al., 2006). 日本もまた島弧に位置し, テフラから抽出された石英粒子の SAR 法による測定で, 年代値の大幅な過小評価が報告された (Tsukamoto et al., 2007). しかし, 日本の堆積物の OSL 信号特性などは不明であり, OSL 年代測定が日本の堆積物に適用できるか否かは議論されていない. そこで本研究では, 日本の堆積物の OSL 年代測定に対する適用性について検討することを目的とする. 以下に, 本研究の主な成果を示す.

第 1 章では, OSL 年代測定の堆積物に関する現状と問題点を整理した. 続いて第 4~8 章では, 日本の堆積物の OSL 年代測定への適用性を明らかとするため, 3つの課題について検討を行った. 第一の課題として, 日本では狭い地域に多くの岩石が複雑に分布するため, 堆積物中の石英粒子の起源の違いが OSL 信号特性に影響するか否かを調べた. 第 4 章では, 異なるシンプルな起源の岩石 (火

山岩, 花崗岩, 變成岩, 堆積岩) を後背地にもつ現世の沿岸砂中の石英粒子を用いて OSL 成分分離を行った. その結果, 石英粒子の OSL 信号特性は起源となる岩石種に依存する事が分かった. SAR 法の適用においては, 光に対して急速に減衰する Fast 成分が卓越した試料が適しているとされているが, 火山岩起源の石英は Fast 成分を持たないことが明らかとなった. 第二に, 河川堆積物の OSL 信号のリセットについて評価を行った. 第 5 章では, 現世河川堆積物中の石英粒子を用いて, リセットが達成されていることを確認した. そして第三に, 日本の堆積物に対する最適な手法の検討を行った. 第 6 章では, 既知年代の河成段丘堆積物中の石英粒子の OSL 信号特性を調べるとともに, 3 つの異なる測定手法 (MAAD, SAR, SARA 法) を用いて, それぞれの測定手法で得られた OSL 年代値を比較した. その結果, Fast 成分を持たない MIS5 と MIS6 に対比される 2 試料において MAAD 法で層位学的年代と調和的な年代値が得られたが, Fast 成分を持つ MIS1-2 と MIS3-4 に対比される 2 試料については年代値が過大評価された. しかし, SAR 法と SARA 法では全ての試料で年代値が過小評価され, この原因は変則的に信号が消える *anomalous fading* と分かった. また第 7 章では, 火山岩地域の海成堆積物中の石英粒子と長石粒子を SAR 法により測定し, 堆積物に挟在するテフラの年代と比較を行った. 長石における  $D_e$  値の推定では, 通常用いられる IR 信号 ( $IR_{50}$  信号) と近年用いられるようになった  $postIRIR_{225}$  信号を用いて年代値を算出した. 石英粒子からの OSL 年代値は大幅に過小評価されたが, 長石粒子の  $postIRIR_{225}$  信号による OSL 年代値はテフラの降下年代と調和的であった. 以上より, 日本の堆積物を測定する際には, 試料の OSL 成分を明らかとし, Fast 成分をもつ場合は *fading* が起こるか否かをチェックする事が重要であり, *Fading* が起こらなければ SAR 法が適用できると考えられる. 一方で, サンプルが Fast 成分を持たない場合は, 石英粒子へは MAAD 法が, 長石へは  $postIRIR_{225}$  信号を用いた SAR 法により 10 万年程度の堆積物の年代測定が可能となると考えられる.

**Abstract**

It is a very important issue to assess the three-dimensional (3D) distribution of an uplift rate of Japan in the late Quaternary to evaluate the Quaternary tectonics. For quantitative estimation of uplift rate, the terrace to terrace (TT) method was proposed by Yoshiyama and Yanagida (1995). To estimate the uplift rate in an inland area by the TT method, the relative height (TT value) between the one surface correlated to Marine Isotope Stage (MIS) 6 and the other correlated to MIS 2 is regarded as the uplift that has occurred for approximately one hundred thousand years. In the application of this method in practice, the emergence ages of the two terraces must be dated. Unfortunately it is often difficult to determine these ages, because  $^{14}\text{C}$  dating has a rather limited age range (~40 ka) and age known layers such as the marker tephra are poorly distributed in and/or on the fluvial terrace sediment. However, OSL dating method is widely applicable because it can be applied to common mineral grains (quartz and feldspar) present in the sediment, it has a large potential age range (often beyond ~100 ka) and the derived ages do not need calibration. If an accurate OSL age can be obtained from fluvial terrace sediments, this would be a major help in determining the uplift characteristics in an inland tectonically active area such as Japan.

Luminescence dating method makes use of the phenomenon that radiation defects by natural radiation exposure are accumulated in crystals such as quartz and feldspar. These radiation defects increases as the burial time goes on, but they are released and reset when the minerals are exposed to daylight during transportation and deposition. This phenomenon is called 'bleaching'. OSL ages can be obtained to divide equivalent dose ( $D_e$ , Gy) by annual dose rate (Gy/y).

As to methods of OSL measurement, MAAD method had been mainly used until 1990s. However, after 2000, SAR method determination has been developed and widely used. This method is applied to sediments and successful results are obtained by many authors. Tanaka et al. (2001) were the first to carry out OSL dating for fluvial terrace sediments in Japan, obtaining the OSL age good agreement with the stratigraphic age. However, problems have been reported for quartz originating from mobile belts (e.g. Preusser et al., 2006). Japan is located in archipelago, and it is also reported that the OSL ages of quartz grains extracted from a tephric loess were severely underestimated due to a short lifetime of the signal and the anomalous fading (Tsukamoto et al., 2007). However, characteristics of quartz OSL components in Japanese sediments remain poorly known and it is not yet clear whether reliable luminescence ages can be derived. Therefore, the objective of the thesis is to

investigate applicability of OSL dating methods to sediments collected in Japan.

In this thesis, three main issues are addressed after introduction (chapter 1), the principle and methodology of OSL dating (chapters 2 and 3) are described. First of all, it is important to investigate whether or not characteristics of the quartz OSL signal depend on the source rocks, and whether or not the characteristics affects the use of the SAR method. In chapter 4, OSL signals from modern coastal sediments derived from different source rocks are investigated, and the implications of these observations for dating are also discussed. Secondly, signal resetting of fluvial sediments is important to the accuracy of OSL ages; this is assessed in chapter 5. The quartz OSL residual doses from modern fluvial sediments were investigated to check the OSL signal resetting. Thirdly, it is important to find the most suitable OSL method for Japanese samples, these commonly do not show a strong fast component. In chapter 6, quartz OSL equivalent doses and ages derived from 3 different measurement procedures (MAAD, SAR, SARA) are compared with stratigraphically estimated ages. In the last study (chapter 7), a comparison of quartz OSL and potassium-rich feldspar (K-feldspar) IRSL dating of marine deposits from the Anden Coast in Oga Peninshula, Akita Prefecture is presented. For this set of samples, two tephras intercalated in the sediment succession were used as independent age control, and the reliability of the different method is discussed. All findings are summarized in chapter 8 and discussed with respect to the subject, whether OSL dating can be broadly applied to Japanese sediments.