

若い海岸砂質堆積物のOSL年代

田村 亨*

Very young quartz OSL dates of sandy coastal deposits

Toru Tamura*

* 産業技術総合研究所地質調査総合センター, Geological Survey of Japan, AIST

はじめに

OSL (= Optically-Stimulated Luminescence, 光ルミネッセンス) 年代測定最大の長所の1つは、数十年から数十万年という広い年代の試料に適用可能なことであり、考古学が主に対象とする先史時代から、歴史時代、さらには現代までの年代軸を、単独で提供できる年代測定手法である。OSL年代の誤差は年代値の絶対値に比例し、一般的に5%から10%程度である。例えば5,000年前であれば、誤差は250年から500年ぐらいになり、放射性炭素年代に劣っている。しかしながらOSL年代には、放射性炭素年代が適用できない5万年前以前に適用可能なことに加え、500年前以降の若い年代でも優位性がある (Madsen and Murray, 2009)。500年前以降の若い年代試料の場合、OSL年代では誤差が小さくなるが、放射性炭素年代では大気中の ^{14}C の変動やリザーバ効果の影響が大きくなり精度が悪くなるためである。ここでは、500年前以降の若い試料に対するOSL年代測定の問題点を概観し、その高精度化に関する鳥取砂丘での事例研究を紹介する。

若いOSL年代の問題点

若い試料に対するOSL年代測定の問題の多くは、試料の埋積時間が短いことに起因している (Madsen and Murray, 2009)。試料の蓄積線量が小さいことで、埋積時間に比例して増えるOSL信号が小さくなり、測定時のノイズが相対的に大きくなる。また、OSL測定前に加える熱により生じるThermal transfer OSL、堆積物粒子が堆積する前に完全に露光によってリセットされていない場合に生じる余剰OSL、これらの信号は共に年代値の過大評価につながるが、若い試料では、埋積時間に比例するOSL信号が小さいことにより、それらの影響が強くなってしまふ。さらに、OSL信号の中にはゆっくりと減衰するslow

componentがあり、光への感度が鈍く、この成分が大きの場合に過小評価につながる。若い年代値では、slow componentによる過小評価も大きくなる。

以上の問題を軽減する対策として、次のものがある。ノイズの問題に対しては、光電子倍增管の電圧調製など測定条件の最適化、Thermal transfer OSLの軽減には、測定前に加える熱を低く抑える。余剰OSLは、砂丘や海岸など、堆積物が露光しやすい環境の試料を測定すること、またそれ以外の環境の試料でも、単粒子ごとのOSL測定により、露光程度の良い粒子からの信号を選択することで最小化することができる。Slow componentを低減する方法はいくつかある。第一には、測定されたOSL信号をカーブフィッティングした上でいくつかの指数曲線の和とし、年代測定に有用な最も減衰の速いFast componentを抜き出す方法である (Cunnigham and Wallinga, 2009)。また、OSL測定実験の際に繰り返される放射線照射により蓄積されるSlow componentを、高温下で光励起することにより除去するホットブリーチという方法 (Murray and Wintle, 2003) も有効である。もう一つ、第一の方法と同じような効果を簡便に得られるのが、Early background subtractionである (Ballarini et al., 2007)。このEarly background subtractionにより、以下に示す通り、鳥取砂丘のOSL年代測定が改善された。

鳥取砂丘堆積物のOSL年代測定

鳥取砂丘の2測線の地中レーダ断面より採取された28点の砂丘堆積物試料について、一般的な石英SAR法 (Murray and Wintle, 2000, 2003) によりOSL年代を求めた (図1上; Tamura et al., 2011)。最も古い年代は、450年前で、2測線ともに、地中レーダ断面の層序に整合した年代が得られた。一方で、この測線

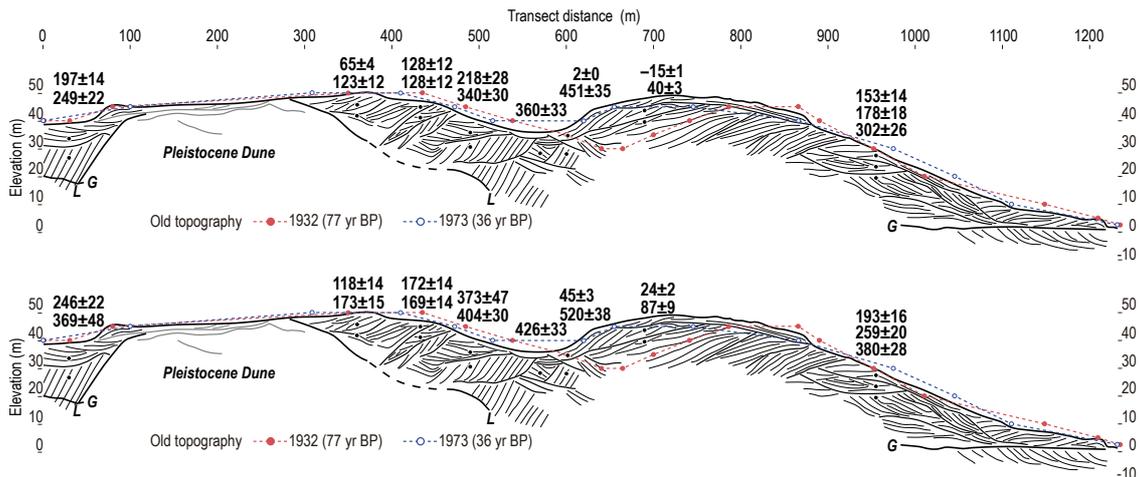


図1. 鳥取砂丘の地中レーダ断面から得られたOSL年代 (Tamura et al., 2011). 調査を行った2測線のうちの1測線の結果を示す. 上がLate background subtractionによるもので, 下がEarly background subtractionによるもの. G: 地下水面, L: レス・火山灰層.

における1932年と1973年の地形面と比較すると, 若い試料では明らかに年代値が過小評価されていることが明らかになった.

鳥取砂丘の試料から得られたOSL信号には, Fast componentの他に, Slow componentが強く出ている. このSlow componentは, OSL測定時の光の照射により完全にはリセットされず, 上述の通り実験の中で蓄積されていく. このSlow componentが大きいと, OSL強度と試料が被曝する放射線量との検量線を正しく決定することができず, 結果的に年代値の過小評価につながる. Slow componentが大きい石英は, 日本列島で一般的であるが, その原因として火山岩起源の石英の寄与が指摘されているが, その体系的な理解には至っていない.

Slow componentの除去のために, Early background subtraction法を用いた (図2). 試料が多数であり, またOSL測定が完了していたため, カーブフィッティングによる成分分離やホットブリーチではなく, 簡便なこの方法を用いた. OSL信号は, 試料への光照射の後発生し, 指数関数的に減衰する. 一般的には数十秒間の測定を行い, 測定初期の1秒程度の信号と, 測定の最後に検出されるバックグラウンドとの差異からOSL強度を決定する. Early background subtractionでは, このバックグラウンド定量のタイミングを早めることで, OSL強度の中のSlow componentの寄与を抑える.

Early background subtractionの有効性と, バックグラウンド定量のタイミングの最適化のために, Dose recovery testを行った (図3). Dose

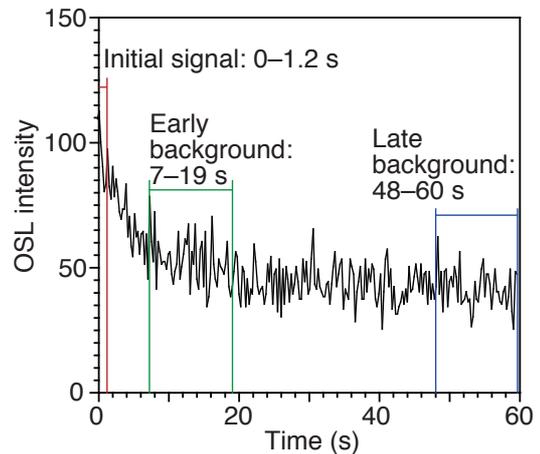


図2. OSL信号の減衰曲線. 初期のOSL強度およびバックグラウンド定量の区間を示す.

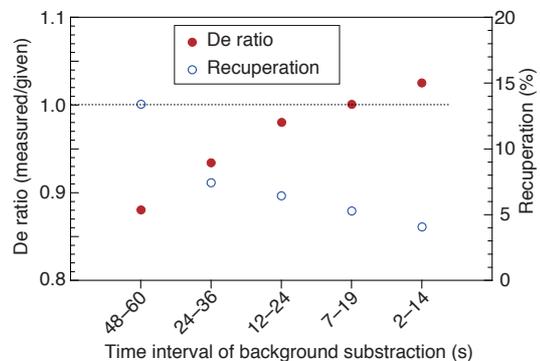


図3. Dose recovery testの結果. バックグラウンド定量区間に対する, 蓄積線量の再現 (De ratio) と Recuperationを示す. De ratioは, 1に近いほど, 再現性が良いことを示す.

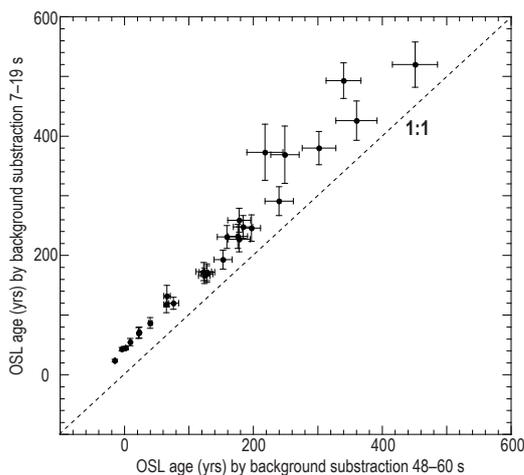


図4. Late background subtractionおよびEarly background subtractionにより求めたOSL年代値の比較.

recovery testとは、予め光の照射によりOSLがリセットされた試料に対して、既知の蓄積線量を与えて測定実験を行い、その再現性により用いた測定条件の妥当性を検討するものである。ここでは試料の年代が数百年と若いことから、約200年間の埋積に等しい蓄積線量を与えた。バックグラウンド定量のタイミングを早めると、Recuperationと呼ばれる、放射線を照射しなかった場合のOSL強度と自然の（この場合は200年に相当する蓄積線量が与えられている）OSLとの比が減少する。Recuperationは、検量線の決定に悪影響を及ぼすが、5%以内であれば年代値に影響がないとされる。上記の年代値を得た光照射後48~60秒におけるバックグラウンド定量（Late background subtraction）では14%であったRecuperationは、7~19秒での定量で5%以下となり、蓄積線量も再現されたため、7~19秒の区間を採用した。

48~60秒におけるLate backgroundによる年代値と、7~19秒でのEarly background年代値とを比較すると、全てのサンプルにおいて、7~19秒の方が少し古くなった（図4）。また、両者の差は年代の絶対値により大きく増えるわけではなく、若いサンプルほどRecuperationの影響が大きいことを示している。

Early background subtractionによる年代値

は、地中レーダ断面の層序に整合している（図1下）。また、Late backgroundでは過小評価されていた1932年以降の試料についても古地形面と整合する正しい年代値が得られた。このことから、Early background subtractionがうまく機能していたと考えることができる。以上のように、石英のOSL年代測定は、500年前以降の若い試料に有効な手法であるが、場合によっては、一般的な石英SAR法に改良を加えた手順により測定およびデータ解析を行う必要がある。

文献

- Ballarini, M., Wallinga, J., Wintle, A.G., Bos, A.J.J., 2007. A modified SAR protocol for optical dating of individual grains from young quartz samples. *Radiat. Meas.* 42, 360-369.
- Cunningham, A.C., Wallinga, J., 2009. Optically stimulated luminescence dating of young quartz using the fast component. *Radiat. Meas.* 44, 423-428.
- Madsen, A.T., Murray, A.S., 2009. Optically stimulated luminescence dating of young sediments: A review. *Geomorphology* 109, 3-16.
- Murray, A.S., Wintle, A.G., 2000. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiat. Meas.* 32, 57-73.
- Murray, A.S., Wintle, A.G., 2006. The single aliquot regenerative dose protocol: potential for improvements in reliability. *Radiat. Meas.* 37, 377-381.
- Tamura, T., Bateman, M.D., Kodama, Y., Saitoh, Y., Watanabe, K., Matsumoto, D., Yamaguchi, N., 2011. Building of shore-oblique transverse dune ridges revealed by ground-penetrating radar and optical dating over the last 500 years on Tottori coast, Japan Sea. *Geomorphology* 132, 153-166.