

## 石英単粒子分割法による海成段丘堆積物の赤色 TL 年代測定 篠原 緑\*, 東 剛\*, 鷹澤好博\*

A new Red-thermoluminescence dating of marine terrace deposits  
using divided single grain regeneration method  
Midori Shinohara\*, Tsuyoshi Azuma\*, Yoshihiro Ganzawa\*

\*北海道教育大学函館校 Hokkaido University of Education, Hakodate Campus

### はじめに

Aitken (1995) にまとめられた TL による堆積物の年代測定は、多数の粒子を用いた粒子群の平均的年代を求める方法である。しかし、堆積物に含まれる粒子は異なる時代において、様々な供給源からもたらされる。したがって、Duller (1994) が述べているように、堆積物には太陽光曝を受けてよくブリーチされた粒子と、不完全な光曝のためにブリーチが不十分な粒子が混在しているため、その平均年代は、期待年代より古くなるのが一般的である。そのため、1粒子毎に堆積  $D_e$  を評価する必要がある。

本論で用いる石英の赤色熱ルミネセンス (RTL) は、トラップ電子の安定性にすぐれるため、更新世全体の年代測定への応用が可能である (Fattahi and Stokes, 2000)。しかし、これを堆積物の年代測定に適用する場合、大きな問題がある。それは RTL が太陽光曝に対して強い抵抗性を持つため、堆積石英にはブリーチされない残留ルミネセンス成分 (residual level) が残っている点である (Miallier et al., 1994)。年代測定に必要な、石英の最終堆積過程で得られる蓄積線量 ( $D_e$ ) は、見かけの蓄積線量から residual level に相当する残留線量を差し引く必要がある。したがって、RTL により、真の堆積物の年代値に迫るには、粒子毎に、見かけ蓄積線量及び残留線量の2つの情報を評価しなければならない。

本論では、1粒子からこの2つの情報を得るために、全く新しい発想から、単粒子を2つに分割し、それぞれから2つの情報を得る試みを行った。

これを「石英単粒子分割法 (Divided single grain regeneration method; DSGR)」と呼ぶことにする。以下、その概要について述べる。

### 試料

青森県東部上北平野は、厚い海成更新統が発達のよい4段の海成段丘をなしている (桑原, 2004)。本研究では、青森県東北町舟ヶ沢周辺に分布する高館段丘構成層の高館層を対象とした。高館段丘の形成期は、段丘を被覆するローム層の最下部に最終間氷期の時間指標テフラである Toya を介することから MIS (海洋酸素同位体比ステージ) 5e (116 ~ 130ka) と考えられている (桑原, 2004)。



図1 DSGR法の測定手順

石英単粒子の分割片 a からは見かけの  $D_e$ 、分割片 b からは天然石英を完全に光曝した後残留 RTL を検出し、天然 residual level (Unbleached natural RTL ratio; UNRR) を算出した。その後、a から検出した X線 102Gy 相当の RTL と、b に X線 102Gy 照射後完全光曝した RTL を比較し、人工放射線を受けた石英の人工照射 residual level (Unbleached artificial RTL ratio; UARR) を算出した。

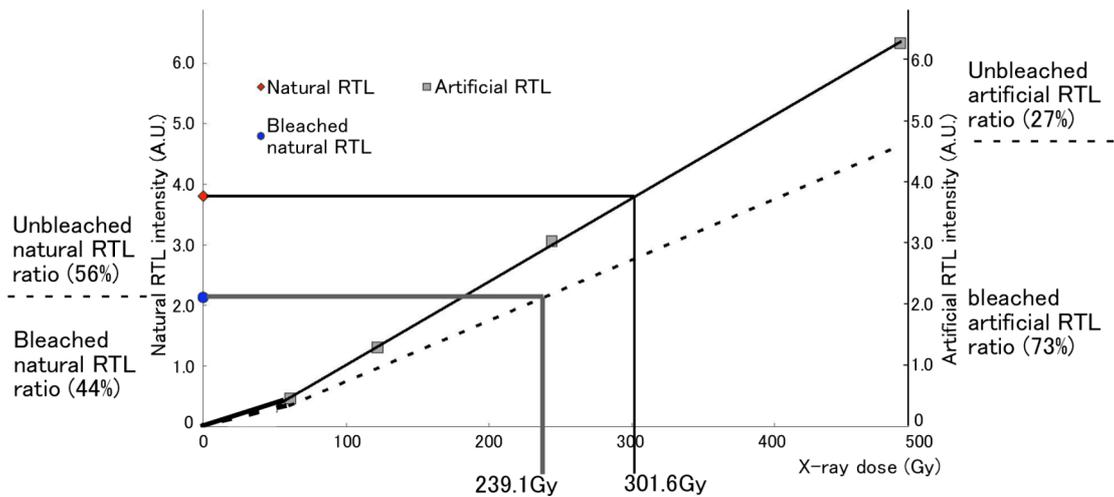


図2 UNRRとUARRの補正をした堆積物の堆積 $D_e$ の評価方法の例(Fs\_U)  
 見かけの $D_e$ は、天然石英のRTL強度をSAR成長線から読み取り301.6Gyとなる。堆積 $D_e$ は、図1の実験からUNRRとUARRの結果を用いて算出した。この例では、堆積 $D_e$ は239.1Gyとなる。

測定試料(測定コード:Fs\_U)は、Toya下約1mに位置する高館層から採取した。採取層の堆積層は上部外浜から海浜相を示し(横山ほか, 2004)、波打ち際で太陽光曝を受けやすい環境にあったと推定される。採取地点は北緯40度46分15秒、東経141度18分55秒である。

### 実験

堆積砂は、露頭に垂直方向に約50cm掘り込んだところから、太陽光の直射を避けて採取した。室内実験では、6M HCl(2時間)、6M NaOH(2時間)、24% HF(2時間×2回)の薬品処理を施した後、ふるい分けを行ない、最終的にハンドピッキングにより粒径850~500 $\mu$ mの石英を選んだ。ピッキングした単粒子をハンマーと釘で分割した。見かけの $D_e$ はSAR(single aliquot regeneration)法(Murray and Wintle, 2000)により分割片から求め、残留線量は、他方の分割片から求めた(図1)。そのため、石英の光曝に人工太陽光装置を用い、約8時間光曝し、十分なブリーチレベルまでRTLを減衰させた。DSGR法によって描いた成長曲線から堆積 $D_e$ を算出する方法を図2に示した。一連の実験手順で石英33粒子を分割・測定し、年代を評価した。

一方、石英分割の際、ハンマーで加える衝撃の

ため、新たなルミネセンス(インパクトルミネセンス)が生じる可能性がある。そのため、500 $^{\circ}$ C、10分間でアニールを施した石英を用いて、この実験を行った。

### 結果

#### a. インパクトルミネセンス

アニールを施した石英を分割した際、約5Gyに相当するインパクトルミネセンスが検出された(図3)。このルミネセンスを除去するために、分割後の石英を24% HFで2時間処理を施した所、インパクトルミネセンスは検出されなかった。この結果から、DSGR法を用いる場合には、石英分

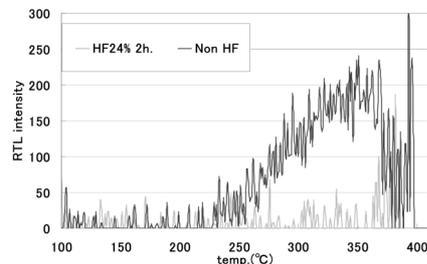


図3 アニール石英を分割した際に生じたインパクトルミネセンス

24% HF処理なしではインパクトルミネセンスが検出されたが、24% HF2時間処理後は検出されなかった。

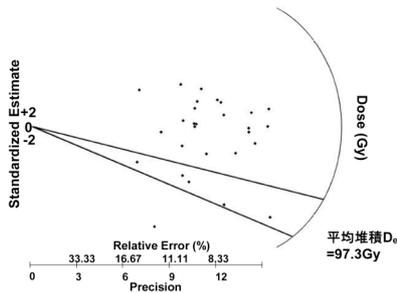


図4 Fs\_U の堆積  $D_e$  の radial plot  
堆積  $D_e$  のうち値が最も低く、 $\pm 2\sigma$  を満たす集団は 5 粒子で、その平均値  $D_e$  は  $97.3 \pm 14.4 \text{Gy}$  となった。

割後に 24% HF で 2 時間処理をした後、測定を行った。

#### b. 堆積 RTL 年代

DSGR 法によって評価した 33 粒子の堆積  $D_e$  は、 $6.7 \pm 0.8 \sim 581.3 \pm 74 \text{Gy}$  と大きなばらつきが見られた。このばらつきは、供給源と時代が異なる粒子が、様々なブリーチレベルにあることを示している。そこで、得られた堆積  $D_e$  を用いて radial plot を描いた (図 4)。堆積物のルミネセンス年代を評価する場合、蓄積線量が低い石英集団は、最終堆積時に十分露光を受けたと考えられ、真の堆積年代により近い値を示すと考えられる (Roberts, 1998)。本研究の堆積  $D_e$  のうち値が最も低く、 $\pm 2\sigma$  を満たす集団は 6 粒子で、その平均値  $D_e$  は  $97.3 \pm 14.4 \text{Gy}$  となった。

年間線量は、放射化分析で求めた放射性元素濃度、含水率、宇宙線線量を用いて Adamiec and Aitken (1998) に従って決定した (表 1)。その結果、年間線量は、 $0.86 \pm 0.1 \text{mGy/a}$  となった。5

U (ppm)	Th (ppm)	K <sub>2</sub> O (%)	C.R. (mGy)	W.C. (%)	D <sub>a</sub> (mGy/a)	average D <sub>e</sub> (Gy)	average age (ka)
$0.46 \pm 0.05$	$1.90 \pm 0.10$	$0.80 \pm 0.03$	0.11	$0.08 \pm 0.01$	$0.86 \pm 0.1$	$97.3 \pm 14.4$	$113.1 \pm 17$

表 1 放射化分析で求めた Fs\_U の放射性元素濃度、含水率 (W.C.)、宇宙線線量 (C.R.) と年間線量 (D<sub>a</sub>)、堆積蓄積線量 (average D<sub>e</sub>)、RTL 年代 (average age)

粒子の堆積  $D_e$  を年間線量で除算したところ、RTL 堆積年代の平均値として、 $113.1 \pm 17 \text{ka}$  が得られた。この年代範囲は Bassinot et al. (1994) の酸素同位体曲線の MIS5e から MIS5d に相当する。この Fs\_U の年代は桑原 (2004) が推定した高館層の時代 MIS5e とほぼ一致している。

#### まとめ

本研究では、石英単粒子分割 (DSGR) 法により段丘堆積物の RTL 年代測定を試みた。分割粒子から堆積年代測定に必要な見かけの  $D_e$  と residual 線量を、同時に見積もることができた。radial plot から得られた 5 粒子の RTL 年代 ( $113.1 \pm 17 \text{ka}$ ) は高館段丘の推定年代にほぼ一致した。この結果は、堆積物の年代測定には本論の提案方法が有効であることを示している。今後は、石英がよりブリーチされやすい堆積環境である、海浜相などの潮間帯成の堆積物を識別して試料を採取し、DSGR 法の精度を検討していきたい。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたり、平成 18 年度科学研究費補助金 (課題番号: 18540448) を利用した。また、放射化分析にあたっては、平成 17 年度原研共同利用 (課題番号: 5126) を利用した。統計学については、金沢大学自然計測応用研究センター理学部地球学研究室の長谷部徳子助教授にご指導いただいた。高館層の堆積環境に関しては、早稲田大学理工学総合研究センターの横山芳春博士に多くの助言をいただいた。以上の方々には深く感謝申し上げる。

## 引用文献

- Adamiec, G., Aitken, M., 1998, Dose-rate conversion factors: update. *Ancient TL*, **16**, 37-50.
- Aitken, M. J., 1985, *Thermoluminescence dating*. Oxford University, 222p.
- Bassinot, F. C., Labeyrie, L. D., Vincent, E., Quidelleur, X., Shackleton, N.J., Lancelot, Y., 1994, The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal. *Earth and Planetary Science Letters*, **126**, 91-108.
- Duller, G. A.T., 1994, Luminescence dating of poorly bleached sediments from Scotland. *Quaternary Science Review*, **13**, 521-524.
- Fattahi, M., Stokes, S., 2000, Extending the time range of luminescence dating using red TL (RTL) from volcanic quartz. *Radiat. Meas.* **32**, 479-485.
- 桑原拓一郎, 2004, 青森県東部上北平野における海成段丘構成物の層序と相対的海面変化, *地質雑*, **110**, 93-102.
- Miallier, D., Fain, J., Montaret, M., Pilleyhe, Th., Sanzelle, S., Soumana, S., 1994, Sun bleaching of the red TL of quartz: Preliminary observations. *Ancient TL*, **12**, 1-5
- Murray, A. S., Wintle, A. G., 2000, Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regeneration protocol. *Radiat. Meas.*, **32**, 57-73.
- Roberts, R., Bird, M., Olley, J., Galbraith, R., Lawson, E., Laslett, G., Yoshida, H., Jones, R., Fullagar, R., Jacobsen, G., Hua, Q., 1998, Optical and radiocarbon dating at Jinnium rock shelter in northern Australia. *NATURE*, **393**, 358-362.
- 横山芳春, 七山太, 桑原拓一郎, 安藤寿男, 2004, 堆積学的手法によって明らかにされた海成段丘の形成過程－青森県上北平野, MIS5e 高館面構成層での試み－. *地質ニュース*, **595**, 10-18