

湖沼細粒堆積物のルミネッセンス年代測定

伊藤一充*・長谷部徳子**・雁沢好博***・柏谷健二**・荒井章司*

Luminescence dating of fine grained lacustrine sediments

Kazumi Ito*, Noriko Hasebe**, Yoshihiro Ganzawa***,
Kenji Kashiwaya** and Shoji Arai*

* 金沢大学大学院自然科学研究科, Grad. school of Natural Sci. and Tec., Kanazawa Univ.

** 金沢大学環日本海域環境研究センター, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa Univ.

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

はじめに

湖沼堆積物は陸域の過去の環境変動の記録を保持しており、それに年代軸を入れることは、多くの情報を得るために重要である。湖沼堆積物の年代決定は、 ^{14}C 法や ^{137}Cs 法などから求めた年代と堆積物の物理量変動を合わせることで精度よく行われてきた。しかし、5万年より古いところになるとその年代幅に適応できる手法の少なから年代を決めるのが困難になる。ルミネッセンス年代測定法は ^{14}C 法や ^{137}Cs 法、 ^{10}Be 法とは異なる地学現象に対応した方法であり、第四紀中～後期の年代決定を得意としている。従来は石英・長石などの単一鉱物に適用されることが多かったが、試料の量が限定され、かつ細粒である本研究の湖沼堆積物のコア試料では鉱物分離を施すことは難しい。よって本研究では細粒湖沼堆積物のルミネッセンス年代測定を行い、制約された試料でのルミネッセンス年代測定法の可能性について吟味した。

本研究の骨子

熱による励起で光を得る熱ルミネッセンス (TL)、光による励起で光を得る光励起ルミネッセンス (OSL) を用いて蓄積線量 (De) の求め方を吟味した上で測定し、異なる方法による De の違いから、試料の特性を調べた。また、将来的に polymineral で測定を行うため、polymineral を用いたときと従来の石英のみを用いた時の違いも調べた。住田

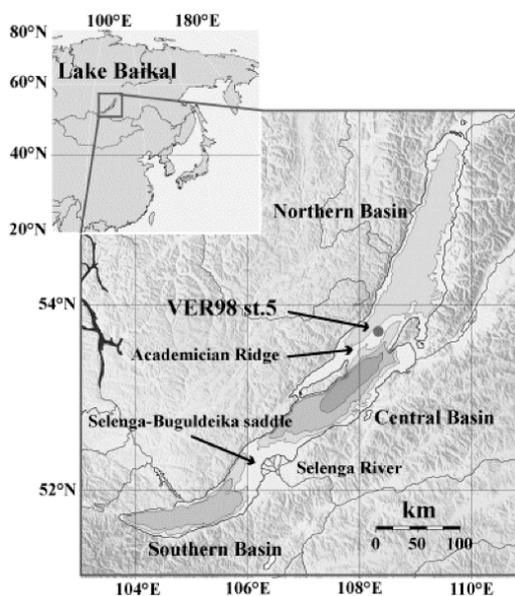


図1. 試料採取地点

(2007MS) により提案された“堆積物を圧縮ペレット化し、U, Th 同位体を測定する方法”を用いて、ルミネッセンス年代測定に必要な放射性同位体濃度を測定した。また、バイカル湖で報告されている放射非平衡 (e.g., Sakaguchi et al., 2006) による核種の経年変化、コア試料における圧密による含水率の経年変化を考慮し、年間線量を求め、年代を算出した。最後に、その年代を議論し、これからの年代測定の方針を定めた。

試料採取地点と調整

本研究で用いる湖底堆積物試料は、ロシア共和

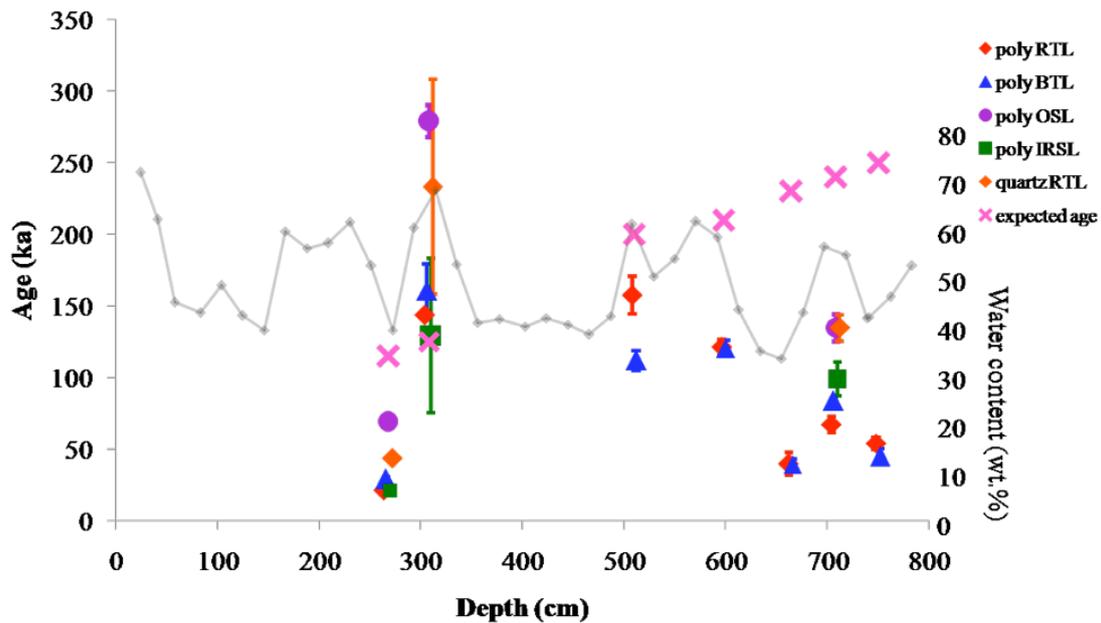


図2. 年代測定結果を期待される年代値との比較. 灰色の線は含水率の変動を表わす.

国シベリア南東部の丘陵地帯に位置するバイカル湖で採取した (図1). コア試料 (8 m) のうち湖底から深さ 268, 308, 510, 598, 664, 708, 750 cm の地点の試料を用い実験を行った. このコアを用いた先行研究 (鉱物含有量, 生物起源シリカ量等) は, 中川 (2000MS) に記載されている.

実験方法

試料は細分化されて実験室にて保存されており, 大きさは約 3 cm³である. 試料の持つルミネッセンス量 (蓄積線量: De) は, 光により放出 (年代のリセット) されるため, 測定する aliquot は試料内部から採取した. また, 含水率, 放射性同位体濃度等の実験は光曝されている外部から採取した. すべての試料で polymineral による RTL, BTL 測定, 3 試料 (2C-32, 2D-06, 4A-18) で OSL, IRSL 測定を行った. また, polymineral の試料から quartz だけを Stokes et al. (2003) に従い取り出し, 上記 3 試料で RTL 測定も行った. RTL, BTL 測定において, signal は 240-260 °C の間の intensity を積算して求め, OSL, IRSL 測定においては初めの 10 count の積算から最後の 10 count の積算を引くことで signal とした.

XRF 分析で SiO₂, K₂O 濃度を求めた後に,

LA-ICP-MS により ²³⁸U, ²³⁴U, ²³²Th, ⁸⁷Rb 濃度を求めた. External standard には NIST SRM 610 を用いた. この際 NIST SRM 610 では測定限界以下である ²³⁴U と, 質量数 87 の同重体が他にも存在する ⁸⁷Rb 濃度をどのように求めるかを吟味した.

結果・考察

De は, どの測定も約 10% の誤差で求まり, 精度よく測定できた. ただ, 各深度における De は測定法ごとに明らかに異なる値をとり, 光に対して一番敏感であるはずの OSL の De が, どの測定法よりも大きな値をとった. また, 石英における De の方が polymineral の値よりも大きな値をとった.

放射性同位体濃度は, 誤差が 1-16% (平均 8%) と小さく, α スペクトロメトリーで測定した値ともよい一致を示し, 確度・精度共によく測定できた. 年間線量の計算には, 従来は U, Th 元素濃度から求める Adamiec and Aitken (1998) を使うことが多いが, 本研究対象地においては放射非平衡が報告されているため, 放射能から求める Stokes et al. (2003) を利用した. なお, LA-ICP-MS による結果を適用するため, 放射能でなく放射性同位体濃度を入れる式に改良し, 算出した. さらに, ²³⁴U (半減期 25 万年) 過剰が引き起こす濃度

の経年変化を計算し、式に組み込んだ。最後に、中川 (2000MS) で測定したバイカル湖堆積物の含水率の変動が、生物起源シリカ量変動と対応することから、ある一定の生物起源シリカ量をもった試料の含水率のみを深度方向にプロットし、圧密による含水率の減衰を見積もり、同様に式に組み込んだ。以上のことを考慮し、年間線量を見積もった。

Accumulated dose (equivalent dose, D_e)

$$= \int_0^T \text{Annual dose (Gy/ka)} dt$$

$$= \int_0^T (D_\alpha(t) + D_\beta(t) + D_\gamma(t)) \text{ (Gy/ka)} dt$$

上記年代式を用いて算出した年代値は、含水率変動を MIS に対比させることによって求めた予想年代よりも主に若かった (図 2)。今回求めた年代が、予想年代と一致しなかった理由としては、試料が測定前に光に曝されて年代が若返ったことや、検疫で加熱処理されて年代が若返ったことが挙げられるが、真実を見極めるためにはさらなる実験が必要である。

参考文献

- Adamiec, G. and Aitken, M., 1998, Dose-rate conversion factors: update. *Ancient TL* 16, No. 2, 37-50.
- Sakaguchi, A., Yamamoto, M., Sasaki, K. and Kashiwaya, K., 2006, Uranium and thorium isotope distribution in an offshore bottom sediment core of the Selenga Delta, Lake Baikal, Siberia. *Journal of Paleolimnology*, 35, 807-818.
- Stokes, S., Ingram, S., Aitken, M. J., Sirocko F., Anderson, R. and Leuschner, D., 2003, Alternative chronologies for Late Quaternary (Last Interglacial-Holocene) deep sea sediments via optical dating of silt-sized quartz. *Quaternary Science Reviews*, 22, 925-941.
- 住田亮輔, 2007, 湖沼堆積物のルミネッセンス年代測定; 化学分析と年間線量評価. 金沢大学卒業論文
- 中川裕文, 2000, バイカル湖底堆積物の分析に基づく過去数十万の陸水・気候シグナル. 金沢大学修士論文