

自然青色熱蛍光による風成塵堆積物中の 石英のTL年代測定

鷹澤好博*・渡辺友東子*・橋本哲夫**

Natural blue-thermoluminescence dating of quartz grains
separated from eolian deposits

Yoshihiro Ganzawa*, Yukiko Watanabe* and Tetsuo Hashimoto**

Abstract: We propose the new dating method using natural blue thermoluminescence (BTL) for the eolian deposits called "loam". The eolian deposits overlaying the middle Pleistocene Tengutai terrace in Aomori Prefecture are divided into the upper and lower formations. The quartz samples separated from seven eolian deposits (units: OT01 to OT07, in descending order) are employed for the BTL dating using the highly sensitive TL-measurement system. The BTL total counts between 250 °C and 350 °C are determined ranging from 5885 to 29939. The BTL ages of the eolian deposits are estimated to be 67-123 ka for the upper formation and 279-342 ka for the lower formation on the basis of the standard age (100 ka) of Toya tephra which is interbedded between OT03 and OT04 units.

Keywords: TL dating, blue thermoluminescence, eolian deposit, loess, loam

1995年5月30日受付, 1995年7月28日受理

* 北海道教育大学函館校地学教室 Institute of Earth-Science, Hakodate College, Hokkaido University of Education, Hakodate 040, Japan

**新潟大学理学部化学教室 Department of Chemistry, Faculty of Science, Niigata University, Niigata 950-21, Japan

はじめに

放射年代測定は、一般には、火山岩や深成岩などのマグマから由来した火成岩類を対象としている。火山が多い日本では、火成岩類を対象として年代測定を行えば、大概の対象物の年代測定は可能であるので、風成層や堆積岩から放射年代を導くと言う発想はほとんど行われなかった。筆者らは最近、日本北部に分布する更新世中-後期のいわゆるローム層(風成火山灰層)中に、中国大陸起源の風成塵を多量に含んでいるとの視点で研究を進めている(隅澤ほか, 1994)。その過程で、この風成塵堆積物中の石英の自然青色熱蛍光 (Natural blue thermoluminescence; 以下, BTL) によるTL年代測定が可能と考えに至った。以下、本論ではその検討途中の結果を報告する。

試料採集地点の層序

試料採集地点は青森県上北平野の乙供にある天狗岱面(宮内, 1985) 上の、更新世中期から後期の風成塵堆積物(いわゆるローム層)と火山灰層である(図-1)。風成塵堆積物は不整合を挟んで上部層と下部層に区分される。このうち上部層にはToyaを挟み、その基底は最終間氷期最盛期にあたる。また下部層の下位には16~20万年前と推定される白色軽石(WP)(宮内, 1985)を挟んでいる。風成塵堆積物のTL年代測定のため、上部層からOT1からOT4の4試料、下部層からOT5からOT7の3試料の計7試料を採取した。

実験方法

(1)石英の抽出方法

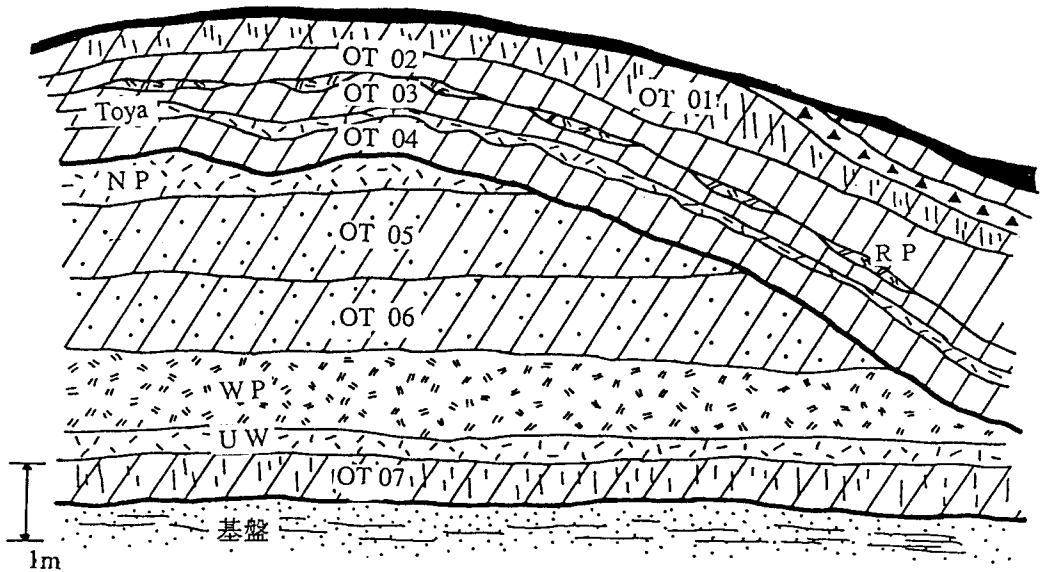


図-1 青森県乙供の風成塵堆積物の層序と試料採集層準。斜線が風成塵堆積物、RP, Toya, NP, WP, UWは降下テフラ。

風成塵堆積物中の石英は $62.5\ \mu\text{m}$ 以下と細粒であるので、その分離は Mizota et al. (1992) により、次の方法で行った。試料を水洗、乾燥した後、10% HCl と H_2O_2 で煮沸処理し、有機物と粘土鉱物を除去した。次に、遠心分離により $62.5\ \mu\text{m}$ 以下の粒子を濃集させ、 $0.4\ \text{M}$ の $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ と40% H_2SiF_6 および H_3BO_3 処理によって石英を単離した。さらに、不純物を効率よく除去するために、3% HF を加え、室温、超音波攪拌下で10分間エッチングを行った。こうして得られた石英の風成塵堆積物に占める重量比は35~60%の高い値を示した。

(2) TL高感度測定装置と測定方法

BTL測定は新潟大学理学部橋本研究室のTL高感度測定装置によって行った。TL高感度測定装置は、セラミックヒーター(コテペン70, 32Wx4)を備えた等速昇温装置と光子計数装置からなっている。加熱速度($1^\circ\text{C}/\text{sec}$)とデータの取り込みはマイクロコンピュータで行っている。実験はヒーター上に分離した石英5mgをのせ、 50°C から 400°C まで連続加熱し、その際に放出する石英の天然TLを光電子増倍管で検出した。計測には浜松ホトニクス社製のR-585を使用した。天然石英は 620nm と 470nm 付近の波長域にそれぞれ赤色蛍光と青色蛍光のピークを有するので、波長域に応じた色ガラスフィルターを選択した(橋本ほか, 1991)。なお、光電子増倍管には熱雑音を低下させるため、冷却装置が取り付けられてある。石英の天然TL発光量は非常に微弱であるので、精度を高めるため1試料について3回の測定を行い、その平均値を求めた。また、発光総量の温度範囲は、橋本ほか(1991)にしたがい、TLのプラトー領域とされる 250°C ~ 350°C の積算値とした。表-1に、BTLのプラトー領域の積算値(BTL Count)を示した。

表-1 250°C ~ 350°C のプラトー領域におけるBTLの積算値と指標テフラ(Toya, 100 ka)を基準とした風成塵堆積物のBTL年代

Sp Code	BTL Count	Age (ka)
OT01	5885	67
OT02	8044	92
OT03	6752	77
Toya	8747	100
OT04	10741	123
OT05	26862	307
OT06	24406	279
OT07	29939	342

結果と考察

(1) 日本の風成塵堆積物のTL年代測定の原理

中国砂漠地帯ではすでにTL年代測定が試みられており、例えば最近では、Musson et al. (1994)が、黄土地帯のレス堆積物中の石英で、 $15,800\text{yrs.}$ ~ $55,100\text{yrs.}$ の年代値を報告している。これに対し、日本でこれまでいわゆるロームで年代測定を行った例がないのは、ロームが火山灰の風化物であると一般に信じられてきたからであり、そうした起源不明の風化生成物から年代測定を行う発想は生まれなかった。したがって、日本でロームの年代測定を行うためには、まず、いわゆるロームには風成塵起源の物質が多量に含まれることを認識し、それを証明し、その上で初めて、TL年代測定に進む手順が必要であった。

風成塵堆積物の起源は中国大陸の砂漠地帯や黄土地帯であり(Inoue and Naruse, 1987)、それらが中国大陸で地表に漂っている間、そして日本に飛来するまでの間、さらに日本で堆積物として固定されるまでの間に、十分に太陽にさらされたと考えられる。Eiallier et al. (1994)の実験によれば、BTLはわずか35日間の太陽ブリー

チングによって、その強度は10%程度までに低下してしまう。したがって、風成塵起源の石英のBTL信号は石英が日本で地層中に埋積され、太陽光線から遮断された以後に獲得されたと考えることができる。

(2)ローム層中の石英のTL強度

石英のTL強度を図-2に示した。OT01からOT07までの計7試料について測定した。BTLはいずれも180℃前後から発光を始め、270℃前後でピークに達する。その後発光数は減少する。発光量は層序関係とよく一致しており、堆積時代が古いほど、確実に増加している。特に、層序から不整合関係にあるOT04とOT05の間には明瞭な発光量の違いが認められる。このようなBTL発光量の差異と層序関係の一致から、風成塵堆積物に含まれる石英には太陽遮断後の放射

線による捕獲損傷が時間と共に蓄積されたとみることができる。

(3)年間線量(AD)の評価

現在、年間線量(AD)を評価するための実験中であり、乙供での結果は得られていない。表-2に予備的に行った、北海道南部今金町の段丘面(最終間氷期面)上に重なる一連の堆積物の各種線量およびADを示した。年間線量の測定方法はExploranium社製の携帯γ線解析システム(GR-256)を用いて、風成塵堆積物、Toyaテフラおよび段丘礫層を対象に、一試料について測定時間、5分間でおこなった。測定した風成塵堆積物4試料のADは1.688~1.721 mGy/aで、平均値は1.709 mGy/aである。また、Toyaテフラ2試料の平均値は1.877 mGy/aで、段丘礫層2試料の平均は2.333 mGy/aであった。このように測定

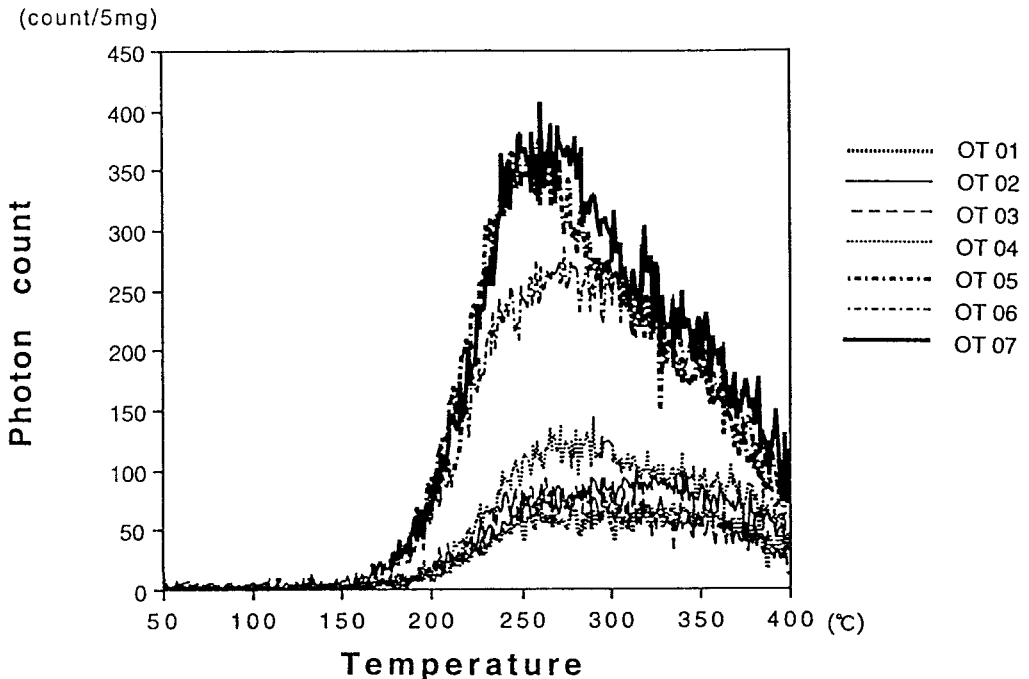


図-2 風成塵堆積物中の石英の青色熱蛍光(BTL)の発光曲線

表-2 北海道南部今金町の最終間氷期段丘面上に重なる風成塵堆積物、テフラ、段丘礫層で測定された年間線量(AD)

Sample	含水率	K ₂ O	U	Th	D _β	D _γ	D _β (wet)	D _γ (wet)	AD
	%	%	ppm	ppm					mGy/year
美利河上部レスA	37.3	1.33	1.3	7.5	1.30	0.81	0.95	0.60	1.72
美利河下部レスA	32.5	1.33	1.2	7.0	1.27	0.77	0.96	0.59	1.72
Toya A	34.2	1.57	1.4	8.0	1.49	0.89	1.11	0.68	1.94
美利河段丘レキA	30.9	2.29	1.2	8.3	1.96	1.03	1.50	0.81	2.41
美利河上部レスB	35.0	1.33	1.1	7.2	1.26	0.77	0.94	0.58	1.69
美利河下部レスB	31.7	1.33	0.9	7.6	1.25	0.77	0.95	0.59	1.71
Toya B	31.5	1.21	1.4	7.2	1.23	0.78	0.93	0.60	1.70
美利河段丘レキ	31.3	1.93	1.3	9.2	1.76	1.02	1.34	0.79	2.26

試料の違いにより明らかにADは異なるが、風成塵堆積物の中ではきわめて近似な値を示している(表-2)。

一方、Musson et al. (1994)が行った前述の黄土地帯のADは4.07~5.10mGy/aの範囲にあり、上記の結果とやや開きがある。測定方法が異なるので、単純な比較は危険であるが、以上の結果から、風成塵堆積物の年間線量(AD)は測定地域を限定すれば、時代を越えて安定している可能性がある。これは風成塵堆積物がよく混合されているため、比較的均質な鉱物組成と化学組成を持つためと考えられる。図-2で示した乙供のBTLカウント数が層序関係とよく対応しているのは、このように年間線量(AD)が安定しているためであろう。

(4)指標テフラを基準にしたTL年代の推定

風成塵堆積物中の年間線量(AD)は、場所を限定すれば、時代によってそれほど大きく変化しないという前項の仮定に立てば、年代がほぼ10万年前と推定されているToyaテフラを用いて、風成塵堆積物(試料番号:OT01~OT07)の

BTL年代を推定することができる。つまり、乙供ではToyaテフラはOT03とOT04との間に挟まれているので、OT03とOT04とのBTL積算値の平均値(M=8747)がToyaの年代100kaに相当することになる(表-1)。したがって、 $M(8747)=100ka$ を基準に、風成塵堆積物のBTL積算値(B)からBTL年代(T)を次式で見積ることができる。

$$T=B/M \times 100 \text{ (ka)} \quad (1)$$

表-1に(1)式で計算したBTL年代を示した。乙供上部層のBTL年代は67ka~123kaである。また、下部層は279ka~342kaの範囲にある。OT02とOT03、OT05とOT06の間で年代値で10~15%程度の逆転が起きているが、BTLのカウント数の少なさやADが未測定である不確実性を考慮すれば、むしろ良好な年代と言える。特に、高館面基底(OT04)の年代は123kaで、これまで推定されている最終間氷期最盛期の年代(120~130ka)とよく一致している。また、OT04とOT05の年代には大きな開きがあるが、両者は不整合であることとよく対応する。一方、

下部層に挟在するWPテフラの年代として、これまで段丘の変位速度から160~200kaが推定されてきた(宮内, 1985)。しかし、BTL年代測定からはWPの噴出年代はおよそ300kaと推定され、従来の推定年代に疑問を投げかける結果となった。

終わりに

本論では、現在私達が進めているBTL年代測定の途中経過についてまとめた。年間線量(AD)が未だ決定されていない点やBTLカウント数が少ないなどの課題が残されている。とは言え、繰り返し強調するが、日本ではロームは風化火山灰との考えが一般的で、ロームを使った年代測定と言う発想はこれまでになかった。しかし、ロームの中には多量な風成塵起源の石英が含まれるので、風成塵堆積物によるBTL年代測定は可能で、しかもこれまで年代測定が困難であった100~300ka程度までの年代測定の可能性が示された。また、日本のようにテフラの発達地域では、多数の指標テフラを介在しているの、これらの年代を組み合わせることによって、中-後期更新世の年代測定が今後可能となるであろう。

謝辞

本論をまとめるにあたり、アースサイエンスK.K.の加藤孝幸博士およびジオサイエンスK.K.には γ 線測定についてご教示と測定機材の提供

をいただいた。また、本論をまとめる機会をいただいた九州大学工学部渡辺公一郎助教授に記して感謝いたします。

文 献

- Eiallier, D., Fain, J., Montret, M., Phiiryre, TH., Sanzelle S., and Soumana, S., 1994, Sun bleaching of the red TL of quartz: preliminary observations. *Ancient TL*, **1**, 2, 1-4.
- 鷹澤好博・柳井清治・八幡正弘・溝田智俊, 1994, 西南北海道-東北地方北部に広がる後期更新世の広域風成塵堆積物. *地質雑*, **100**, 951-965.
- 橋本哲夫・小嶋素志・坂井 正, 1991, 石英粒子からの赤色域熱蛍光による旧石器関連地層の年代測定について. *考古学と自然科学*, **2**, 3, 13-25.
- Inoue, K. and Naruse, T., 1987, Physical, chemical and mineralogical characteristics of modern eolian dust in Japan and rate of dust deposition. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **3**, 3, 327-345.
- 宮内崇裕, 1985, 上北平野の段丘と第四紀地殻変動. *地理学評論*, **5**, 8, 492-515.
- Mizota, C., Izuhara, H. and Noto M., 1992, Eolian influence on oxygen isotope abundance and clay minerals in soils of Hokkaido, northern Japan. *Geoderma*, **5**, 2, 161-172.
- Musson, F. M., Clarke M. L. and Wintle A. G., 1994, Luminescence dating of loess from the Liujiapo section, central China. *Quaternary Geochronology*, **1**, 3, 407-410.