

北海道・東北地域の火山岩類の予察的
熱ルミネッセンス年代

—半定量年代測定としての利用例—

高島 勲*・久間木 恵***

(2011年5月11日受付, 2011年12月26日受理)

Preliminary Thermoluminescence Age Data of Volcanic Rocks
in Hokkaido and Tohoku Areas, Japan
— Example Use as a Semi-Quantitative Age Data —

Isao TAKASHIMA* and Megumi KUMAKI***

Semi-quantitative thermoluminescence (TL) age data are reported for 13 volcanic areas in Hokkaido and Tohoku. Most of TL age data have an error of 21–37% from sample characters and other factors. Even such semi-quantitative ages are useful for preliminary stratigraphical and geological interpretation. Ages of 58 samples for 13 areas range from 0.009 to 1.7 Ma. We give a new age data for Kanpu area. The age data of Tokachi, Shiribetudake, Hachimantai, Nanashigure and Adachi areas show large difference with previously reported ages. The TL ages of other seven areas coincide with previously reported ones except for data older than 0.7 Ma.

Key words: thermoluminescence (TL) dating, volcanic rocks, pyroclastic flows, Quaternary, quartz

1. まえがき

年代測定は、地質研究の基本である年代が数字で表されることから、かつては絶対年代と表記され、結果が一人歩きするといった弊害を生んだ。現在では、そのような扱いではなく、異なった手法によるクロスチェックやテフラ等による検証を経て年代値が確定されることが多い。そのような基準となる年代測定の追及とは別に、地質調査の補助として簡易な年代を求める手法も利用価値があると考えられる。

熱ルミネッセンス (TL) 年代測定は手順が簡便で装置も低価格であり、石英を含む火砕流や火山灰、溶岩などについて多くの測定結果が出されている(島雄・他, 1999; 高島・他, 2006; 鷹澤・他, 2007)。長崎県雲仙眉山うんせんまへやまでの数万年から数千年への年代の桁数変更(高島・渡辺, 1992;

Takashima and Watanabe, 1994)、秋田県泥湯地域どろゆ かふとやまの隗山溶結凝灰岩の2層準への分離(高島・他, 1999)などは、年代の誤差はやや大きいものの、TL年代の重要な貢献と考えられる。

TL測定は、試料がこれまでに受けた放射線量を求める蓄積線量測定と地層中で1年間に受けた年間線量を算定する2つの手順からなる。前者については、最近の光ルミネッセンス(OSL)法の普及に伴う装置の開発や新しい手法の提案により、著しい発展がみられる(塚本・岩田, 2005)。しかし、TL及びOSLとも、後者の年間線量が最終の年代測定結果に大きな影響を与えることを見逃してはならない。

年間線量は、地層の放射性元素含有量、水分量と宇宙線量から算定されるもので、試料が地質時代を通じて同

* 〒010-8502 秋田県秋田市手形字大沢28-2
秋田大学工学資源学部附属鉱業博物館
Mining Museum, Faculty of Engineering and Resource
Science, Akita University, 28-2 Tegatazaosawa, Akita
010-8502, Japan

*** 〒960-0102 福島県福島市鎌田字橋本76
76 Kamataazahashimoto, Fukushima 960-0102, Japan

*** 元秋田大学工学資源学部地球資源学科
the former affiliation: Department of Earth Science and
Technology, Faculty of Engineering and Resource Science,
Akita University

Corresponding author: Isao Takashima
e-mail: takasima@gipc.akita-u.ac.jp

一条件(水分量変化や放射性元素の溶脱がない),あるいは変化の評価が可能なこと(地形から埋没深度が推定できること)が前提となる. 筆者らは, そのような試料の条件を満足するものは固結した岩石のみであり, それらについて埋没深度を求め, 風化, 変質, 続成作用を受けていないことを確認し, 石英粒径の精密測定を実施した場合のみ信頼できる TL 年代が得られると主張してきた(島雄・他, 1999; Takashima *et al.*, 2002; 高島・他, 2006).

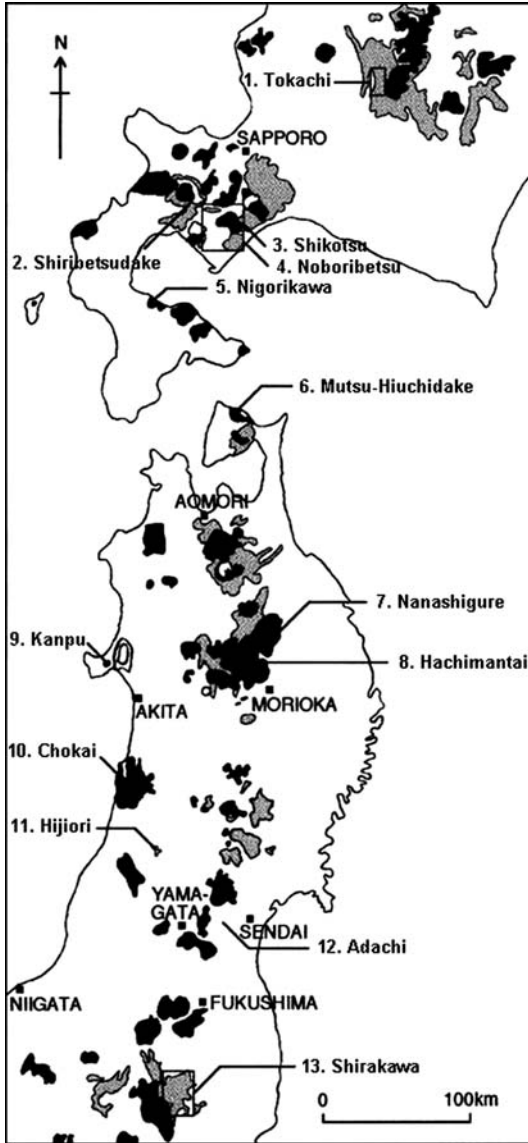


Fig. 1. Location of 13 study areas for TL dating. Black areas represent volcanic bodies and gray areas represent large scale pyroclastic flow deposits (from Ono *et al.*, 1981)

火山灰等の未固結試料は, 上記条件を満たしていないので, 定量的年代値としては採用できないが, 半定量的な地質調査補助データとしては利用可能である. また, 半定量でも基本的に桁違いになるような誤差が生じることはほとんどない. 雲仙眉山では, フィッション・トラック (FT) 法により想定外と思われた TL 年代が追認され(檀原・他, 1993), 桁違いの誤差がないことが実証されている.

なお, TL 法の本質的な問題として古い年代の限界があるが, 明確な基準がなく, 測定例も少ない. 既存データでは, 福島県の会津田島地域の大滝山溶結凝灰岩が約 100 万年の年代範囲で約 20% の若返りが推定され(高島・本多, 1989), 秋田県泥湯地域の兜山溶結凝灰岩(約 100 万年)と奥宮山火山岩(約 200 万年)では若返りなし(高島・他, 1999)となっている. 今回の測定データについても, 留意する必要がある.

本報告では, これまで測定した TL 年代のうち, (1) 固結試料であること, (2) 薄片観察や X 線回折により風化, 変質等々を評価していること, (3) 石英粒径の精密測定を行うこと, という 3 条件の全てを完全には満たしていないが, 誤差のやや大きい半定量年代としての利用が可能な北海道・東北地方の 13 地域 (Fig. 1) のデータを示し, 簡単な解釈を加えた. なお, 誤差は固結試料と未固結試料に分け, 統一的な基準で算定した. また, これまでの多数の TL 測定例から, 今回の測定対象である北海道・東北の試料は, 放射性元素の溶脱の可能性は少ないと推察される(高島, 1995; 高島・他, 2006).

2. 試料採取及び実験手順

試料採取, 処理, 測定法は, 基本的にこれまで報告した手法と同様である (Takashima and Watanabe, 1994). 以下に試料採取, 試料処理, TL 測定から年代補正までの手順を簡単に記述する.

現地での試料採取は表面の風化部分を除き, 火山灰等は大きな異質岩片がない均質な部分を選択した. 軽石流中の岩片を測定対象とする場合は, 年間線量補正のため, 岩片周辺の軽石も併せて採取した. 試料は日光を避けて持ち帰り, 暗い室内で粉碎, 石英分離を行った. 石英粒径は, 60-200 メッシュ (0.25-0.075 mm) である.

これら分離石英は照射なし (N), 320°C 5 時間加熱後 γ 線照射 (H+), 加熱なしで γ 線照射 (N+) の 3 種類に分け, 自作の発光測定装置で発光曲線を得た. γ 線照射は, 日本アイソトープ協会甲賀研究所 (現 (株)コーガアイソトープ) 等で行った. リセットのための加熱温度 (320°C) は比較的低温であり, N+照射試料の分析を追加することにより, 加熱による石英の感度変化を確認した

ところ、鴈澤・他 (2007) が指摘しているような感度変化に由来する大きな誤差は生じていない。これら N 及び γ 線照射試料 (H+, N+) を各 3 回測定し、発光曲線の 350°C 以上のピーク強度を基に生長曲線を描き、試料が地質時代に獲得した放射線量 (パレオドース) を決定した。なお、測定は窒素雰囲気で行い、受光波長は 550–630 nm、昇温速度は 120°C/min、試料量は分離石英粉末 15 mg である。

測定対象の石英試料が 1 年間に受けた放射線量 (年間線量) は、全岩 290 g について γ 線スペクトロメーターで U, Th, K₂O 含有量を測定し、Bell (1979) の換算式に基づいて算出した。その場合の水分量は 10%、 β 線寄与評価のための石英粒径は肉眼観察値、宇宙線の寄与は 0.1 mGy/a であり、誤差は以下の式に従って統一的に計算した。

$$\sigma = ((\text{分析})^2 + (\text{発光})^2 + (\text{石英})^2 + (\text{宇宙線})^2 + (\text{水分})^2)^{1/2}$$

各項目について、ほぼ最大値となる分析 (U, Th, K) 10%、発光測定 10%、石英 (粒径見積り) 15%、水分 (変動) 15% の誤差を見込んだ。宇宙線については、仮定した 0.1 mGy/a に対しての変動幅 (± 0.1 mGy/a) が試料からの吸収線量に与える割合を計算して求めた。水分変動のイタリックは、元素溶脱による定量評価不可能な誤差を含む場合があることを表している。

上記の手順に従った誤差を Table 1 の結果に付してあるが、固結試料は 21–26% となる。例外は、七時雨山地域の溶岩で、32.4% の誤差となった (HT03081703)。これは、岩石中の放射性元素含有量が少なく、宇宙線の変動見積りが全体の年間線量に大きく影響したことによる。未固結試料の誤差は大部分が 26–34% となり、最大値はむつ 岳 岳地域の 36.5% である (HD04111306)。この大きな誤差の理由は水分変動に加えて、七時雨山地域の溶岩と同様に放射性元素含有量が少ないことによる。

これらの誤差のほかに、風化、続成、変質による若返りも評価しなければならないが、今回のデータでは、肉眼観察と薄片観察・X 線回折 (一部試料) により影響は少ないと判定した。

3. 測定結果と解釈

Table 1 は本報告で対象とした北海道・東北地方の 13 地域の火山岩類の TL 年代で、個々の誤差は前述の方法で計算されたものである。また、イタリックで表記された年代は未固結試料についてのもので、可能性は低いが測定誤差には反映されない元素溶脱による精度低下の危険性を内蔵している。以下に各地域のデータの概要を記す。層序記載が多くあるものは地層名を決めた資料を明

記し、試料の正確な採取位置は緯度経度で示した。

(1) 十勝地域: 測定試料は池田・向山 (1983) による美瑛及び十勝火砕流堆積物で、非溶結だが固結度の高いものである。TL 年代は前者が 0.53–0.62 Ma、後者が 0.36–0.44 Ma であり、これまでの報告よりかなり新しい。池田・向山 (1983) が柴田・他 (1979) の K-Ar 年代や古地磁気と対応させた年代は、美瑛火砕流が Olduvai Subchron (1.77–1.95 Ma) となっている。また、十勝火砕流は、1.3 Ma という K-Ar 年代 (松井・松澤, 1985) や 1.18 Ma の FT 年代が報告されている (北海道, 2004) が、今回の結果はこれらとは明確に異なる。池田・向山 (1983) は十勝火砕流の広大な分布を想定しているが、一部では細分と見直しも進められており (中川・高島, 1999; 石井・他, 2008)、時代決定を含めた再調査が望まれる。

(2) 尻別岳地域: 測定試料は、齊藤・他 (1956) による尻別岳溶岩である。試料は尻別岳南西部山麓から 2 個と西方約 3 km の単人山山頂から 1 個の計 3 個を採取した。これらの溶岩は、洞爺火砕流より下位とされ (齊藤・他, 1956)、 0.7 ± 0.5 Ma という K-Ar 年代が報告されている (新エネルギー総合開発機構, 1986)。しかし、今回の測定で 33–37 ka と洞爺火砕流よりかなり若い値が得られた。独立岩体と周辺の地層との上下関係は時代決定に重要な要素であるが、野外調査では確認困難な場合もある。今回の測定結果から、尻別岳が洞爺火砕流の堆積以後に山体を形成した可能性が考えられる。

(3) 支笏地域: 採取試料は八幡・和田 (1986) 及び山崎 (1993) による支笏火砕流堆積物で、町田・新井 (1992) の Spfl に相当する。試料は非溶結ではあるが、固結度の高いものを選択した。これにより、水分変動や元素溶脱の可能性は低く、相対的に精度の高い結果が期待できる。得られた年代は 41–48 ka であり、同一層準の支笏降下軽石 1 (Spfa-1) の加速器質量分析 (AMS) 法による ¹⁴C 年代値の $42,000 \pm 1,800$ yr.BP (柳田, 1994) とほぼ一致する。

(4) 登別地域: 試料は倶多楽火山噴出物のカルデラ期後期の登別軽石質堆積物の軽石流堆積物 II (山崎, 1993) であり、強溶結している。測定結果は 47–54 ka となった。山崎 (1991) は登別軽石質堆積物を含むカルデラ期の活動は 5.5 万年より古く、7 万年より新しい時代に開始したとしているが、今回の結果はそれとほぼ調和している。なお、加藤・他 (1995) の AMS 法による ¹⁴C 年代値は、今回の測定試料採取層下位の蘭法華軽石質堆積物 (山崎, 1993) に対応するものが $45,500 \pm 2,000$ yr.BP であり、やや若くなっている。今後、再測定や新規データの蓄積が必要であろう。

(5) 濁川地域: 試料は五十嵐・他 (1978) の石倉層中の火砕流 (非溶結) と湖成堆積物中のデイサイト礫で、共

Table 1. Results of TL dating of 13 areas.

Area	Sample No.	Formation and Rock type	Sample location		U (ppm)	Th (ppm)	K ₂ O (%)	Annual dose (mGy/a)	Paleodose (Gy)	TL Age (Ma)
			Latitude N	Longitude E						
1. Tokachi	NJ03	Tokachi PyF	43°30'10"	142°30'21"	3.8	10.4	3.33	2.42(3.0)	1060	<i>0.44±0.11</i>
	Tk111	Tokachi PyF	43°29'46"	142°35'49"	3.2	9.2	2.75	1.71(8.0)	624	<i>0.36±0.10</i>
	TK112	Tokachi PyF	43°30'10"	142°30'21"	3.9	13.1	3.33	2.58(3.0)	1080	<i>0.42±0.11</i>
	TK113	Tokachi PyF	43°30'10"	142°30'21"	3.8	12.3	3.25	2.08(8.0)	754	<i>0.36±0.09</i>
	NJ01	Biei PyF	43°29'09"	142°37'04"	3.6	10.9	3.04	2.31(3.0)	1440	<i>0.62±0.16</i>
	NJ04	Biei PyF	43°29'35"	142°40'47"	3.2	8.9	2.85	2.08(3.0)	1240	<i>0.60±0.16</i>
	TK110	Biei PyF	43°29'46"	142°35'49"	3.7	12.1	3.20	2.10(5.0)	1110	<i>0.53±0.14</i>
2. Shiribetsu-dake	HKS02061501	Shiribetsudake lava	42°46'10"	140°51'54"	0.87	2.74	1.46	1.45(1.0)	49	0.034±0.007
	HKS02061502	Shiribetsudake lava	42°45'21"	140°53'14"	1.04	2.64	1.42	1.45(1.0)	54	0.037±0.008
	HKS02061503	Shiribetsudake lava	42°45'58"	140°53'37"	0.98	2.43	1.32	1.36(1.0)	41	0.033±0.007
3. Shikotsu	ST94051405	Shikotsu PyF	42°35'06"	141°00'52"	1.37	5.01	2.43	2.35(0.5)	105	<i>0.045±0.012</i>
	ST94051406	Shikotsu PyF	42°35'06"	141°00'52"	1.81	5.19	2.34	2.38(0.5)	98	<i>0.041±0.011</i>
	ST94051504	Shikotsu PyF	42°27'25"	141°11'17"	1.71	4.65	2.23	2.25(0.5)	107	<i>0.048±0.012</i>
4. Noboribetsu	ST93091103	Noboribetu PyF	42°27'51"	141°06'51"	1.60	3.02	0.96	1.42(0.5)	76	0.054±0.012
	ST93091201	Noboribetu PyF	42°27'06"	141°11'45"	0.83	1.90	1.06	1.24(0.5)	62	0.050±0.011
	ST93091202	Noboribetu PyF	42°27'33"	141°03'40"	1.03	2.66	1.37	1.58(0.5)	75	0.047±0.010
5. Nigorikawa	HKS02061302B	Ishikura Formation RF	42°07'41"	140°27'40"	1.08	3.44	1.41	1.68(0.5)	19	0.013±0.002
	HKS02061303A	Nigorikawa PyF	42°07'25"	140°31'19"	1.18	3.98	1.71	1.75(0.5)	18.7	<i>0.011±0.003</i>
	HKS02061303B	Nigorikawa PyF	42°07'25"	140°31'19"	1.07	3.45	1.59	1.61(0.5)	25.2	<i>0.016±0.004</i>
6. Mutsu-Hiuchidake	HD04111306	Satogadaira PyF	41°25'13"	141°05'10"	0.27	0.90	0.40	0.483(0.5)	327	<i>0.68±0.25</i>
	HD04111301B	Ohata PyF	41°24'26"	141°09'28"	0.38	1.32	0.34	0.491(0.5)	838	<i>1.7±0.6</i>
	HD04111307	Hiyozaki lava	41°28'23"	141°05'07"	0.39	1.38	0.81	0.913(0.5)	800	<i>0.88±0.21</i>
7. Nanashigure	HT01082001	Cyuoukakoukyu lava	40°04'15"	141°06'30"	0.36	1.86	0.53	0.72(0.5)	180	0.25±0.07
	HT01082002	Cyuoukakoukyu lava	40°04'37"	141°06'17"	0.54	2.04	0.78	0.97(0.5)	196	0.20±0.05
	HT03081703	Kurumbashiri lava	40°03'37"	141°05'57"	0.23	1.70	0.29	0.50(0.5)	276	0.25±0.18
8. Hachimantai	HT01071405-1	Chausudake lava	39°57'02"	140°53'56"	0.66	1.95	0.68	0.91(0.5)	218	0.24±0.06
	HT01071405-2	Chausudake lava	39°57'02"	140°53'56"	0.65	2.11	0.69	0.93(0.5)	211	0.23±0.05
	HT01071408	Onagane lava	39°56'03"	140°54'42"	1.42	3.65	1.30	1.69(0.5)	386	0.23±0.05
	HT02073004	Onagane lava	39°57'04"	140°53'30"	0.95	3.67	1.11	1.44(0.5)	405	0.28±0.06
9. Kanpu	OG89090901A	3rd stage lava(Burned sand)	39°57'19"	139°53'07"	4.4	6.5	2.20	3.01(0.3)	61.2	<i>0.020±0.005</i>
	OG89090901C	3rd stage lava(Burned sand)	39°57'19"	139°53'07"	1.8	5.3	2.59	2.68(0.3)	63.3	<i>0.024±0.006</i>
	OG02071901A	1st stage lava(Burned sand)	39°56'04"	139°53'50"	2.1	5.4	1.46	1.93(0.3)	57.4	<i>0.030±0.006</i>
10. Chokai	CK93072603	Saruana lava	39°07'17"	139°52'18"	1.89	5.97	1.87	2.51(0.3)	111	0.044±0.009
	CK93072605	Saruana lava	39°07'17"	139°57'27"	1.47	5.28	1.73	2.24(0.3)	76	0.034±0.007
	CK93072601	Osagawa lava	39°09'23"	139°54'57"	2.00	7.34	1.98	2.72(0.3)	257	0.094±0.020
11. Hijiori	HJ86100301A	Stage4 PyF (Welded)	38°37'51"	140°12'16"	0.7	2.7	1.23	1.26(1.0)	12.9	0.010±0.002
	HJ86100301B	Stage4 PmF	38°37'51"	140°12'16"	0.9	3.2	1.52	1.36(1.0)	11.9	<i>0.009±0.002</i>
	HJ86100302A	Stage3 lava	38°36'46"	140°10'09"	1.1	3.5	1.72	1.73(1.0)	20.8	0.012±0.003
	HJ86100303	Stage3 lava	38°36'46"	140°10'09"	1.1	4.0	1.74	1.77(1.0)	17.7	0.010±0.002
	HJ86100304	Stage2 PyF (Welded)	38°33'48"	140°10'41"	1.1	3.5	1.69	1.71(1.0)	18.9	0.011±0.002
	HJ86100305	Stage2 PyF (Welded)	38°34'49"	140°10'38"	1.0	3.4	1.62	1.63(1.0)	17.4	0.011±0.002
	HJ90072401	Stage2 PyF (Welded)	38°34'49"	140°10'38"	1.3	3.9	1.72	1.80(1.0)	18.6	0.010±0.002
	HJ900823057	Stage2 PyF (Welded)	38°37'42"	140°11'19"	1.3	3.6	1.80	1.73(1.0)	19.2	0.011±0.002
	HJ900823057U	Stage2 PyF (Welded)	38°37'42"	140°11'19"	1.0	3.5	1.66	1.67(1.0)	18.5	0.011±0.002
12. Adachi	AD04091001A	Adachi-Medeshima RF	38°13'07"	140°39'32"	1.14	5.26	0.54	1.15(0.5)	180	0.16±0.04
	AD04091001B	Adachi-Medeshima RF	38°13'07"	140°39'32"	1.89	5.57	1.14	1.81(0.5)	250	0.14±0.03
	AD04091001C	Adachi-Medeshima PmF	38°13'07"	140°39'32"	0.37	1.48	0.43	0.560(0.5)	100	<i>0.18±0.06</i>
	AD04091002A	Adachi-Medeshima RF	38°13'07"	140°39'32"	1.13	3.33	1.01	1.37(0.5)	200	0.15±0.03
	AD04091002B	Adachi-Medeshima RF	38°13'07"	140°39'32"	2.05	6.42	4.40	4.43(0.5)	800	0.18±0.04
	AD04091002C	Adachi-Medeshima PmF	38°13'07"	140°39'32"	0.42	1.31	0.48	0.593(0.5)	100	<i>0.17±0.06</i>
13. Shirakawa	SK02	Kamafusayama PyF	37°10'16"	140°04'50"	0.8	3.3	1.18	1.49(0.3)	820	0.55±0.12
	SK07	Ten-ei PyF	37°10'44"	140°10'23"	0.6	3.2	1.05	0.884(2.5)	680	0.77±0.19
	SK01	Nishigo PyF	37°10'16"	140°04'50"	0.9	3.2	1.27	0.967(3.0)	1050	1.09±0.26
	SK05	Nishigo PyF	37°09'50"	140°13'04"	1.0	4.0	1.60	1.17(3.0)	1093	0.93±0.21
	SK06	Nishigo PyF	37°08'44"	140°11'52"	1.3	6.4	1.55	1.34(3.0)	1157	0.86±0.19
	SK03	Ashino PyF	37°14'14"	140°06'48"	1.1	5.1	1.63	1.26(3.0)	1203	0.95±0.21
	SK08	Ashino PyF	37°08'59"	140°10'48"	0.9	3.6	1.39	1.04(3.0)	900	0.86±0.20

*Figures in parenthesis in annual dose column are quartz grain diameter (mm) for beta ray correction.

PyF:Pyroclastic flow,

PmF:Pumice flow, RF:Rock fragments, Age in italic type represent high possibility to include uncountable errors caused by chemical leaching.

に濁川カルデラ起源である。結果は11-16kaで、誤差を考慮すれば、これまで報告されている¹⁴Cデータの11,340-11,670yr.BP(五十嵐・他,1978),12,020-12,270yr.BP(柳井・他,1992)とほぼ同じ年代を示した。

(6)むつ燧岳地域:試料は梅田(1992)の地質記載に基づいて採取した。測定は火砕流(非溶結)と溶岩について行った。結果は佐藤ヶ平火砕流堆積物が 0.68 ± 0.25 Ma,日和崎溶岩が 0.88 ± 0.21 Ma,大畑火砕流堆積物が

1.7 ± 0.6 Ma となった。この結果と対比される既存年代は、梅田・檀原 (2008) により報告されており、佐藤ヶ平火砕流堆積物が 0.81 ± 0.14 Ma (FT 法)、日和崎溶岩が 1.15 ± 0.05 Ma (K-Ar 法)、大畑火砕流堆積物が 2.6 ± 0.2 Ma 及び 3.0 ± 0.3 Ma (FT 法) となっている。前 2 者については誤差を考えれば一致しているが、TL 年代データの若返りの可能性も考えられる。大畑火砕流堆積物については TL 法の限界を超えている可能性もあるが、その判定法はなく、今後のデータの蓄積が望まれる。

(7) 七時雨山地域: 試料は、最も新しいと予想される七時雨山山頂とその北西部及び伴・他 (1992) に記載された車走峠溶岩と考えられるものを採取した (照井 (1999) の地質図との対応では、全ての試料が最新期の七時雨山中央火口丘溶岩となる)。最も新しい山頂溶岩は 0.20 Ma 及び 0.25 Ma、車走峠溶岩は 0.55 Ma となった。山頂付近の最新期と考えられる溶岩の年代は、土井 (2000) が本火山起源とした安代火砕流堆積物のテフラ層序による推定年代である 220–250 ka (誤差大との記述あり) と調和している。これらを総合すると、七時雨火山の活動は 20–25 万年前頃まで続いた可能性が指摘される。一方、車走峠溶岩については 0.55 Ma と、伴・他 (1992) の 0.96 Ma (K-Ar 法) よりかなり若い年代となっている。すでに述べた TL 年代の若返りの可能性もあるが、基礎となる層序や測定試料の同定に不確実性があるため、これ以上の議論は行わない。今後は地質データと明確に対応させた試料についての測定例の追加が必要であろう。

(8) 八幡平地域: 試料は須藤 (1992) の地質データに基づいて溶岩を採取した。測定結果は、新期の茶臼岳溶岩が 0.23–0.24 Ma、大長根溶岩が 0.23–0.28 Ma となった。大場・梅田 (1999) では、前者に相当する溶岩から 0.42 ± 0.06 Ma、後者に相当する溶岩から 0.89 ± 0.39 Ma という K-Ar 年代が報告されている。両者の違いの原因解明のため、同じ試料を対象としたクロスチェックが望まれる。

(9) 寒風山地域: 試料は丸山・他 (1988) による第 1 期及び第 3 期溶岩の直下にある焼かれた箱井層 (白石・他, 1988) の砂岩で、赤色レンガ状の外観を呈する。溶岩は玄武岩質であり、石英を含まないが噴火時の熱で焼かれた地層中の石英を測定対象とした。本火山についての初めての年代測定結果は最下部の第 1 期溶岩が 30 ka、第 3 期溶岩が 20 ka 及び 24 ka となった。箱井層の比較的下部に広域テフラの AT があり (白石・他, 1988)、¹⁴C 年代は 28.1–28.3 cal kyr BP (池原・他, 2006) とされている。第 1 期の溶岩の TL 年代は AT よりやや古いほぼ同時代であり、妥当な値と考えられる。

(10) 鳥海山地域: 中野・土谷 (1992) により非常に詳細な層序区分がなされているが、その区分のステージ II a

の大砂川溶岩 1 個とステージ III a の猿穴溶岩 2 個を測定した。結果は、最新期のステージ III a1 の猿穴溶岩が 34 ka と 44 ka、ステージ II a9 の大砂川溶岩が 94 ka となった。今回の TL 年代と直接比較するデータはないが、伴・他 (2001) は猿穴溶岩と同じステージ III a の七高山溶岩の年代として 0.02 Ma (2 試料)、大砂川溶岩と同じステージ II a の年代として 0.12–0.16 Ma (4 試料) の K-Ar 年代を報告している。厳密な比較には各ステージのより明確な新旧の対比や年代データの蓄積が必要と考えられるが、TL 年代と K-Ar 年代に大きな矛盾はないと判断される。なお、林・他 (2000) は縄文遺跡との関係や溶岩地形の保存状況から、猿穴溶岩を 3000 年前とする考えを提示しているが、直接的な年代測定データはない。TL 測定は 3 ka 程度の年代範囲は十分な精度で測定可能なので、問題となる地点の試料での確認も今後の検討課題であろう。

(11) 肘折地域: 川口・村上 (1994) が記載したカルデラ形成に係わる火砕流とドーム溶岩のうち、ステージ 1 を除くステージ 2 から 4 の 9 試料を測定した。結果は 9–12 ka と、最近報告された 11,180–12,320 cal yr BP という ¹⁴C の集中年代 (Miyagi, 2004) とほぼ一致した。溶岩と強溶結した火砕流は 10–12 ka に集中するが、未固結軽石試料のみ 9 ka とやや若い値となった。

(12) 安達地域: 安達火山の火口東の安達愛島軽石 (蟹沢・他, 1986) の未固結な軽石流と変質した花崗閃緑岩・凝灰岩の巨礫を測定した (どのような時代・岩種でも、噴出時の熱でリセットされ、噴出年代が求められる)。結果は 0.14–0.18 Ma で、64 ka (TL 法)、54–83 ka (電子スピニング共鳴法)、0.08 Ma (FT 法) という既存年代値 (東北大学埋蔵文化財調査委員会, 1986) より古く、阿蘇 4 の下位という層序 (八木・早田, 1989) とは調和するが、下末吉面上に堆積している (蟹沢, 1985) という事実から制約される年代とは一致しない。なお、同じ手法の上記 TL 既知年代と今回の測定結果が大きく異なる原因として考えられるのは、年間線量見積り法の違いである。既存 TL 年代の年間線量は、素子埋め込法を採用している。この方法での素子の埋め込み場所が TL 発光測定に使用した火山灰ではなく、放射性元素含有量の高い岩片近傍に置かれた可能性がある。火山灰と岩片の放射性元素含有量には著しい違いがあり、岩片の示す大きな年間線量で火山灰の石英測定から得られた蓄積線量を割れば、TL 年代は若くなる。異質岩片を含む不均質な地層では露頭観察や複数試料の採取など、適切な処理が求められる。今回の測定結果の精度向上も含め、より厳密な年間線量評価が必要と思われる。

(13) 白河地域: 白河火砕流は、吉田・高橋 (1991) によ

り6つのユニットに分けられている。このうち、下部から上部へ、芦野火砕流、西郷火砕流、天栄火砕流の3ユニットとそれを覆う鎌房山火砕流の強溶結した試料について測定した。得られた結果は、芦野火砕流が0.86-0.95 Ma、西郷火砕流が0.86-1.09 Ma、天栄火砕流が0.77 Ma、鎌房山火砕流が0.55 Maとなった。当該火砕流堆積物の最近のFT年代は山元・他(2006)及び山元(2006)により報告されており、芦野火砕流が0.96-1.4 Ma、西郷火砕流が1.02 Ma、天栄火砕流が0.92-0.96 Ma、鎌房山火砕流が0.41 Maとなっている。今回得られたTL年代と既存のFT年代は共に誤差が大き(±20-30%)、各火砕流の噴出時期は広い幅で重なるが、鎌房山火砕流及び西郷火砕流の1試料を除いた年代中心値はTL年代が若くなっている。比較対象としたFT年代は誤差が大きいが、古地磁気的な解析での鎌房山火砕流以外の各火砕流堆積物は0.99 Maより古い(山元, 2006)という結論の信頼性は高いと考えられる。しかし、確定年代を示す明確な証拠はなく、1.0-1.2 Ma程度のFT年代値が多い。結論として、TL年代値は若返りの影響があり、その値として20%程度が想定される。

4. ま と め

完璧な補正が困難な未固結試料や不完全な補正しか行われていないため、誤差が22-37%となる北海道・東北地方の13地域のTL年代測定結果を報告した。半定量年代と位置付けたデータであり、今後のクロスチェックが必要であるが、以下のような成果が得られた。

(1) 寒風山地域では、初めての公表年代が得られた。この年代は層序から予想された時代とほぼ調和するものであった。なお、測定は溶岩そのものではなく、焼かれた堆積岩について行われたものである。

(2) 十勝、尻別岳、八幡平、七時雨、安達の各地域ではこれまで報告された年代値や層序とかなり異なる年代が得られた。これらの地域では、状況により地質データの再吟味を行うと共に、同じ試料についての異なった手法による年代のクロスチェックが望まれる。

(3) むつ燧岳、白河地域の約70万年を超える古い試料では、20%程度の年代の若返りの可能性が指摘された。このような古い試料のTL年代については、若返りの可能性も想定した解釈が必要である。

(4) 上記以外の5地域や白河地域の鎌房山火砕流では、既存の年代や層序とほぼ一致する年代が得られた。

これまであまり信用されていなかったTL年代測定も、多くの思考錯誤を経て手法も確立されつつある。本報告のような半定量年代は、調査の補助としての化学分析、薄片観察等とあまり変わらない費用・労力で実施可能

であり、有効性も高いと考えられる。対象が石英という制約はあるが、当該地域の地質に詳しい専門家と協力して多数の測定を行い、その中で定量測定の条件を満たすものについては精度の高い年代を求めるという手順がこれからのTL年代測定に最適な利用法と思われる。

謝 辞

本報告は、25年以上前からの共同研究、秋田大学での卒業研究等の結果をまとめたものである。共同研究では、元東海大学第四高校の山崎哲良博士、元明治コンサルタントの野地正保博士、北海道教育大学釧路校の池田保夫教授など多くの方々にお世話になった。卒論等では多くの卒業生や修士と共(に)調査や実験を行った。また、多くの大学、研究機関の方々に討論頂いた。さらに、匿名の査読者の方からは、非常に有益なご指摘を頂いた。これらの方々(に)厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 伴 雅雄・大場与志男・石川賢一・高岡宣雄(1992)青麻一恐火山列、陸奥燧岳、恐山、七時雨および青麻火山のK-Ar年代—東北日本弧第四紀火山の帯状配列の成立時期—。岩鉱, **87**, 39-49。
- 伴 雅雄・林 信太郎・高岡宣雄(2001)東北日本弧、鳥海火山のK-Ar年代—連続的に活動した3個の成層火山—。火山, **46**, 317-333。
- Bell, W. T. (1979) Thermoluminescence dating: radiation dose-rate data. *Archaeometry*, **21**, 243-245。
- 檀原 徹・岩野秀樹・星住英夫・渡辺一徳(1993)若い火山岩のフィッシュン・トラック年代測定の試み—雲仙普賢岳眉山の例—。火山学会講演予稿集, no.2, p.51。
- 土井宣夫(2000)岩手山の地質—火山灰が語る噴火史—。岩手県滝沢村教育委員会, 234p。
- 鷹澤好博・白井理沙・田中 瞳・東 剛(2007)SAR法による洞爺火砕流堆積物の赤色熱ルミネッセンス年代測定。地質雑, **113**, 470-478。
- 林 信太郎・毛利春治・伴 雅雄(2000)鳥海火山東部に分布する十和田a直下の灰色粘土質火山灰—貞観十三年(871年)の火山灰?。歴史地震, no.16, 99-106。
- 北海道(2004)富良野断層帯に関する調査成果報告書。平成15年度地震関係基礎調査交付金 十勝平野断層帯、富良野断層帯および標津断層帯に関する調査成果報告書, 183p。
- 五十嵐昭明・佐藤 浩・井出俊夫・西村 進・角 清愛(1978)北海道茅部郡濁川地熱地域の熱水変質帯。地調報告, no.259, 85-180。
- 池原 実・村山雅史・多田井修・外西奈津美・大道修宏・川幡穂高・安田尚登(2006)四国沖から採取された2本のIMAGESコアを用いた第四紀後期におけるテフラ層序。化石, no. 79, 60-76。
- 池田保夫・向山 栄(1983)北海道、富良野-旭川地域の火砕流堆積物の層序と対比。地質雑, **89**, 163-172。
- 石井英一・中川光弘・齋藤 宏・山本明彦(2008)北海道中央部、更新世の十勝三股カルデラの提唱と関連火砕

- 流堆積物: 大規模火砕流堆積物と給源カルデラの対比例として. 地質雑, **114**, 348-365.
- 蟹沢聡史 (1985) 仙台市および周辺に分布する愛島軽石とその中の深成岩質岩片について—噴出源の推定と極端に K_2O に乏しいトータル岩の存在—. 岩鉱, **80**, 352-362.
- 蟹沢聡史・吉田武義・青木謙一郎 (1986) 仙台市周辺の安達-愛島軽石, およびトータル岩質石質岩片の微量成分. 東北大学理学部核理研報告, no. 19, 130-138.
- 加藤茂弘・山縣耕太郎・奥村晃史 (1995) 支笏・クッタラ両火山起原のテフラに関する加速器質量分析 (AMS) 法による ^{14}C 年代. 第四紀研究, **34**, 309-313.
- 川口泰廣・村上英樹 (1994) 山形県肘折地域に分布する火砕流堆積物とその生成機構. 秋田大学鉱山学部研究報告, no.15, 81-88.
- 町田 洋・新井房夫 (1992) 火山灰アトラス [日本列島とその周辺]. 東京大学出版会, 276 p.
- 丸山孝彦・山元正継・吉岡修司 (1988) 男鹿半島寒風火山の地質と岩石. 秋田大学鉱山学部資源地学施設報告, no. 53, 1-16.
- 松井 愈・松澤逸巳 (1985) 十勝平野の構造発達史—帯広盆地と幕別台地の分化. 第四紀研究, **23**, 233-244
- Miyagi, I. (2004) On the eruption age of the Hijiori Caldera, based on more accurate and reliable radiocarbon data. *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, **49**, 201-205.
- 中川光弘・高島 勲 (1999) 北海道中央部, 十勝三股層中の軽石の TL 年代. 上士幌町ひがし大雪博物館研究報告, no.12, 13-16.
- 中野 俊・土谷信之 (1992) 鳥海山及び吹浦地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 138p.
- 大場 司・梅田浩司 (1999) 八幡平火山群の地質とマグマ組成の時間—空間変化. 岩鉱, **94**, 187-202.
- 小野見司・曾屋龍典・三村弘二 (1981) 200 万分の 1 地質編集図日本の火山 (第 2 版). 地質調査所.
- 齊藤昌之・藤原哲夫・石山昭三・松井公平 (1956) 5 万分の 1 地質図幅「留寿都」及び同説明書. 北海道開発庁, 33p.
- 柴田 賢・山口昇一・小久保公公司・田中 実 (1979) 北部十勝の鮮新統-更新統火砕岩の K-Ar 年代と古地磁気. 地調月報, **30**, 231-239.
- 島雄 隆・高島 勲・渡辺公一郎・井沢英二 (1999) 火山岩の熱ルミネッセンス年代測定の精度検証—雲仙火山火砕流堆積物の β 線量精密補正年代—. 岩鉱, **94**, 109-119.
- 新エネルギー総合開発機構 (NEDO) (1986) 火山性熱水対流系地域タイプ① (ニセコ地域) 調査 火山岩分布年代調査報告書. 209p.
- 白石建雄・竹内貞子・林信太郎・林 聖子 (1988) 秋田県男鹿半島で発見された Tn 火山灰. 第四紀研究, **27**, 187-190.
- 須藤 茂 (1992) 5 万分の 1 仙岩地域中心部地熱地質図説明書. 特殊地質図 (21-5). 地質調査所, 73p.
- 高島 勲 (1995) 熱ルミネッセンス年代測定—特に石英による火山岩類の測定制度について—. 第四紀研究, **34**, 209-220.
- 高島 勲・本多朔郎 (1989) 福島県会津田島地域の火砕流堆積物の K-Ar 年代と TL 年代の比較. 地質雑, **95**, 807-816.
- 高島 勲・渡辺公一郎 (1992) TL 年代測定による雲仙火山の層序と二次堆積物の時代及び供給源の推定. 火山学会講演予稿集, no.2, 2.
- Takashima, I. and Watanabe, K. (1994) Thermoluminescence age determination of lava flows/domes and collapsed materials at Unzen volcano, SW Japan. *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, **39**, 1-12.
- 高島 勲・萩原宏一・張 文山・村上英樹 (1999) 秋田県泥湯周辺地域の第四紀火山岩類の TL 年代. 岩鉱, **94**, 1-10.
- Takashima, I., Mori, Y. and Mukaikubo, A. (2002) Standardization of thermoluminescence dating of volcanic rocks-Proposal of grade check for reliable geological age-. *Advance in ESR Application*, no.18, 177-179.
- 高島 勲・村上英樹・ディク グエン ホン・エディ ステプタ・毛利陽司・柴田能辰 (2006) 鬼首・鳴子カルデラ周辺の後期更新世火砕流堆積物及び火山岩の熱ルミネッセンス年代. 岩石鉱物科学, **35**, 70-77.
- 照井一明 (1999) 身近な自然に科学的関心を高める探求活動の在り方に関する研究—七時雨火山地質図の作成とその教材開発を中心に—. 岩手県立総合研究センター教育研究, 271-286.
- 東北大学埋蔵文化財調査委員会 (1986) 東北大学埋蔵文化財調査年報. 第 2 集, 214p.
- 塚本すみ子・岩田修二 (2005) ルミネッセンス年代測定法の最近の進歩—適用年代の拡大と石英の OSL 成分について—. 地質雑, **111**, 643-653.
- 梅田浩司 (1992) 下北半島, むつ燧岳火山の地質と岩石記載. 岩鉱, **87**, 420-429.
- 梅田浩司・檀原 徹 (2008) フィッション・トラック年代によるむつ燧岳の活動年代の再検討. 岩石鉱物科学, **37**, 131-136.
- 八木浩司・早田 勉 (1989) 宮城県中部および北部に分布する後期更新世広域テフラとその層位. 地学雑, **98**, 871-885.
- 山元孝広 (2006) 1/20 万「白河」図幅地域の第四紀火山: 層序及び放射年代値に関する新知見. 地質調査研究報告, **57**, 17-28.
- 山元孝広・吉岡敏和・牧野雅彦・住田達哉 (2006) 喜多方地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅). 産総研地質調査総合センター, 63p.
- 山崎哲良 (1991) 倶多楽火山の外輪山期噴出物の地質と岩石. 地球科学, **45**, 51-60.
- 山崎哲良 (1993) 倶多楽火山の地質と岩石. 石井次郎教授追悼論文集, 19-30.
- 柳田 誠 (1994) 支笏降下軽石 1 (Spfa-1) の年代資料. 第四紀研究, **33**, 205-207.
- 柳井誠治・鷹澤好博・古森康晴 (1992) 最終氷期末期に噴出した濁川テフラの層序と分布. 地質雑, **98**, 125-136.
- 吉田英人・高橋正樹 (1991) 白河火砕流東部地域の地質. 地質雑, **97**, 231-249.
- 八幡正弘・和田信彦 (1986) 鳥弧横断ルート No. 3 (噴火湾-昭和新山-支笏湖). 新生代東北本州弧地質資料集, 1, 3, 6, 2sheets.

(編集担当 長谷部徳子)