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センス年代

Thermoluminescence dating of Pleistocene volcanic rocks and pumice flow
deposits in Onikobe-Naruko and adjacent areas, NE Japan

高島 勲 (Isao TAKASHIMA)*

村上 英樹 (Hideki MURAKAMI)*

ディク グエン ホン (Duk-Geun HONG)**

エディ スチプタ (I G.B. EDDY SUCIPTA)*

毛利 陽司 (Youji MOURI)***

柴田 能辰 (Yoshitoki SHIBATA)****

Thermoluminescence (TL) dating of volcanic rocks and pumice flows around Onikobe-Naruko area was carried out by checking suitability of the sample for this technique. Samples for TL dating were divided into three ranks, A, B and C, on the basis of physical/petrographical characters and geological origin. Rank A sample is hard and compact rock which is chemically stable. Rank B is soft pumice flow or equivalent sample which is chemically unstable for long geologic time. Rank C is sediment deposited in water. For precise and reliable TL dating, only rank A sample must be used.

TL ages obtained from samples of rank A are 30.4 ka for Naruko dome lava, 187 ka for Takahinatayama lava, 169 ka and 170 ka for Shimoyamazato Tuff Formation, and 296 ka and 268 ka for Ikezuki Tuff Formation. Mitsuzawa Formation at western part of Naruko, pyroclastic flows at Yubama and Byobuiwa are identified as Ikezuki Tuff Formation due to their TL ages of 258 ka, 231 ka to 345 ka and 238 ka, respectively. TL ages of two sites are not well coincide to Ikezuki Tuff Formation. TL ages of the samples from Yubama Onsen and Gyojadaki are 169 ka and 362 ka, which correspond to the age of other eruption products rather than Ikezuki Tuff Formation.

TL age data for 83 samples of rank B and C are checked by comparison with those of rank A and existence age data. It could be reconciled with stratigraphic evidence and corresponding ages of rank A. Rank B and C data are selectively apply for preliminary stage or special purposes that the rough ages are still useful for research program.

Keywords: Thermoluminescence (TL) dating, Volcanic rocks, Quaternary, Quartz, Pyroclastic flow

I. ま え が き

宮城県北西部鬼首・鳴子カルデラ周辺には、北村 (1956) によって記載され、約 200 万年前の鮮新世末 (山田ら, 1978) に噴出したとされていた北川石英安山岩と呼ばれる

火砕流堆積物が広く分布する。その後、分布域の南東部、古川周辺の層序区分がなされ、主部を池月凝灰岩とし、その上部に下山里凝灰岩、中里火山灰、荷坂凝灰岩、天王寺火山灰、柳沢凝灰岩と重なる層序が提案された (石田, 1978; Ishida, 1981)。池月凝灰岩は、電子スピン (ESR) 法で

(平成 17 年 5 月 30 日受付, 平成 17 年 12 月 6 日受理)

* 秋田大学工学資源学部, 〒010-8502 秋田市手形学園町 1-1

** 江原国立大学理学部, 江原道春川市, 200-701 韓国

*** 国土交通省東北地方整備局, 〒982-8566 仙台市太白区郡山 5-6-6

**** インテリジェントウェーブ INC, 〒135-0042 東京都江東区木場 2-12-8

* Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University, 1-1 Tegatagakuen, Akita 010-8502, Japan
E-mail: takasima@ipc.akita-u.ac.jp

** Faculty of Natural Science, Kangwon National University, Chuncheon, Kangwon-do, South Korea 200-701

*** Tohoku Office, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 5-6-6 Koriyama, Taihaku-ku, Sendai 982-0003, Japan

**** Intelligent Wave INC, 5-12-8 Kiba, Kouto-ku, Tokyo 135-0042, Japan

0.15~0.3 Ma (豊田・岡部, 1995), フィッション・トラック (FT) 法で 0.25 ± 0.08 Ma (土谷ら, 1997) という年代が報告され, 後期更新世であることが確認された。また, 噴出源も鬼首カルデラであることがほぼ確定している (土谷ら, 1997)。しかし, 広く分布する池月凝灰岩とされる岩体の分布は阪口・山田 (1988) の報告にあるように明確ではなく, 別起源の凝灰岩が存在する可能性も高い。

熱ルミネッセンス (以下 TL と記す) 年代測定は石英を含む火砕流や火山灰, 溶岩に広く適用でき, 遺跡の発掘に伴う調査で東北各地の火山灰の年代が決められてきた (市川, 1988; 橋本ら, 1993; 長友, 1993)。しかし, 同一地層とされる試料の測定結果があまりにも広い年代範囲にわたるため, TL 年代の信頼性に疑問を持つ地質研究者は多いと予想される。個別のデータについての情報を吟味したわけではないので, 年代の不一致の原因を詳細に議論するには困難を伴うが, 主因として, 測定者の認識と異なる地層の測定の可能性, 再堆積層試料で層序と一致し

ない年代を求めた可能性, TL 法の原理上の誤差要因を排除できない試料への適用, などが考えられる。の誤差要因排除のためには, 確実な地質情報が必要であり, 対象地域の地質に詳しい地質研究者との連携が非常に重要である。の誤差要因排除のための試料選択の問題はこれまであまり取りあげてこなかったが, 信頼性の高い TL 年代を得るためには, 決定的に重要な要因である。

筆者らは, より正確な TL 年代を求めるためには に関連して試料の選択が重要であることを指摘してきた (Takashima *et al.*, 2002; 高島・エディ スチプタ, 2004)。固結した緻密な岩石は, 年間線量評価に影響を与える堆積時から現在まで元素の移動や水分量の変動がなく, 年代測定で必須の要件である閉鎖系の確保が期待できる。

高島・エディ スチプタ (2004) は, 閉鎖系確保に係る固結度に加え, 水中・陸上堆積という地質的条件を考慮した試料条件に基づく TL 年代測定の信頼性を A, B, C という 3 区分にランク分けすることを提案した。ランク A は溶岩

Fig. 1. Locations of the samples for TL age determination. Locations correspond to the sample numbers listed in Table 1 for rank A and in Figure 3 for rank B and C.

や強溶結凝灰岩、未固結凝灰岩中の溶岩岩片など、ランク B は未固結凝灰岩など、ランク C は水中堆積した凝灰岩などで水分量の極端な変動が予想されるものである。

また、最近の研究で試料の続成変質（スメクタイト等の存在）が TL 年代の若返りを生ずることが判明した (Takashima *et al.*, 2004) ことから、ランク分けとは無関係に、X 線回折による粘土鉱物の検討を行い、続成変質した試料を TL 年代測定から排除することが必要と考えられる。

本研究では、池月凝灰岩相当層を中心に、鬼首 - 鳴子火山の溶岩や凝灰岩、下部の堆積岩層も含めた試料について、向町や栗駒山南東部までの広い範囲を対象に多数の TL 年代測定を行った。ランク A 試料 27 個について、適正な γ 線量照射、石英粒径の測定、X 線回折による続成変質鉱物の確認、野外の削剥量推定による宇宙線量の評価など、可能な限り精度の高い年代測定を行い、火砕流や溶岩の年代を求めた。さらに、ランク B, C の試料について、ランク A や既知年代と比較し予想される年代との違いを吟味した。

ランク B, C の試料は、広い地域から採取したものと、非常に良好な連続露頭がみられる鵜目露頭で層序と対応させて採取したものの両者がある。ランク A の 27 個、ランク B, C の広域分布試料 43 個の採取地点及び鵜目 (40 試料) の概略位置を Figure 1 に示した。

II. 地質の概要と試料の記載

本地域の火山層序の研究は多数あり、地層名や層序に多くの提案がなされている。ここでは、土谷ら (1997) の記載を中心に、適宜他の研究も加えて略述する。

測定対象の最下部層の小野田層は、主として酸性凝灰岩、シルト岩、砂岩等からなる堆積岩で、時代は鮮新世後期から更新世中期とされている。高清水層は、酸性凝灰岩、弱固結の礫、砂、シルトからなる堆積岩で、更新世前期から中期とされている。また、向町地域の一割層 (田口, 1975) は、凝灰質砂岩、礫、砂、シルトからなり、小野田層または高清水層に対比されると考えられる。

上記の地層を不整合 (一部整合) に覆って、かつては北川石英安山岩と呼ばれた火砕流堆積物 (北村, 1956) が広く分布する。本層は、主部を池月凝灰岩とし、その上部に下山里凝灰岩、荷坂凝灰岩、柳沢凝灰岩と重なっている。本研究でもっとも多数の試料を採取した池月凝灰岩は、降下火砕物とそれに続く火砕流堆積物からなり、20~30 万年前の地層と考えられている。岩石は角閃石含有普通輝石紫蘇輝石デイサイトであり、一部強溶結している。向町地域の満沢層 (田口, 1975) は、池月凝灰岩と同一と考えられるが、明確な証拠はない。その上部は下山里凝灰岩であり、降下火砕物とその上位の火砕流堆積物からなる。基底部に火山豆石を含み、火山灰層に黒曜石岩片を含んでおり、FT 年代として 0.21 Ma が報告されている (土谷ら, 1997)。荷坂凝灰岩は降下火砕物とその上位の火砕流堆積物からなり、基底部の降下火砕物は軽石と火山灰の細互層

からなる。TL 年代測定 (市川, 1988) と広域テフラとの関係から、6~8 万年の地層と考えられている。柳沢凝灰岩は、降下火砕物、ベースサージ堆積物、火砕流堆積物からなる。年代は ^{14}C (中井, 1988) 等の結果から、4~5 万年と推定される。

上記の火砕流堆積物等に加え、鬼首地域では高日向山ドーム溶岩 (Yamada, 1988)、鳴子地域ではドーム溶岩 (早田・八木, 1991) が存在する。前者は角閃石含有普通輝石紫蘇輝石デイサイト、後者は普通輝石紫蘇輝石デイサイトであり、それぞれ池月凝灰岩と柳沢凝灰岩の活動後に形成されたと考えられる。

ランク A に該当する 27 試料は、19 試料が北川石英安山岩相当層である池月凝灰岩 (坂口・山田, 1988) 及び満沢層 (田口, 1975) から採取され、残り 8 試料は、鳴子火山ドーム溶岩 (尾ヶ岳岩体)、高日向山溶岩、下山里火砕流堆積物からのものである。これらは固結した溶岩または強溶結岩であるが、下山里凝灰岩のものは軽石流中の径 10 cm 程度の溶岩岩片である。

ランク B, C のみを対象とした広域採取試料 (Fig. 1) 43 個については、上記文献の記載を参照して地層名を同定した。これら広域採取試料の一部は、ランク A と同一地点のものも含まれるが、必ずしも同一地層ではない。また、鵜目露頭の 40 試料 (ランク B, C) は、現地で柱状図を作成しながら採取したもので、地層区分は土谷ら (1997) に従っている。

III. 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; 山縣ら, 2004)。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、大きな異質岩片がない均質な部分を選択した。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。軽石流中

Fig. 2. Average errors correspond to contents of U, Th and K_2O by a gamma ray spectrometry.

Table 1. Locations and TL age data for the samples of rank A from Onikobe-Naruko area

Locality	Sample	Sample location			U	Th	K ₂ O	Quartz	Cosmic ray	Annual dose	Paleodose	TL age	Average age	
No.	No.	Latitude N	Longitude E	(ppm)	(ppm)	(%)	grain (mm)	(mGy/a)	(mGy/a)	(Gy)	(ka±2σ)	(ka±2σ)		
Dome Lava of Naruko Volcano (Ogatake dome)														
A1	OK02102503A	38°43'17"	140°44'10"	0.65	2.62	1.01	1.23	0.064	0.985	35.1	35.6±12	Weighted mean		
A2	OK02102503B	38°43'17"	140°44'10"	0.72	2.66	1.02	1.27	0.064	0.982	27.6	28.1±6.1	30.4±5.5		
Takahinatayama Lava														
A3	OK03062707	38°47'57"	140°44'08"	1.04	3.26	1.39	0.96	0.022	1.410	253	179±30	Weighted mean 187±16		
A4	OK03073101	38°48'13"	140°43'57"	1.08	3.33	1.46	1.13	0.022	1.417	277	195±31			
A5	OK03073102	38°48'17"	140°43'59"	1.01	3.66	1.40	1.08	0.022	1.401	269	192±35			
A6	OK03073103	38°48'17"	140°43'52"	1.18	3.33	1.45	1.07	0.022	1.449	267	184±33			
Shimoyamazato Tuff														
A7	OK98073010A	38°43'44"	140°53'05"	0.66	2.62	1.35	1.01	0.022	1.270	214	169±43	Weighted mean 169±31		
A8	OK03062704A	38°41'40"	140°54'20"	0.45	1.19	0.65	0.47	0.026	0.816*	139	170±69			
Ikezuki Tuff (Yubama Onsen)														
A9	OK03062604A	38°54'42"	140°44'09"	0.63	2.17	1.26	1.39	0.013	0.986	134	136±38	Weighted mean 169±31		
A10	OK03062604B	38°54'42"	140°44'09"	0.65	1.78	0.99	1.37	0.013	0.839	163	194±48			
Ikezuki Tuff (Yubama)														
A11	OK03052402	38°54'34"	140°34'59"	0.79	2.45	1.20	1.22	0.026	1.059	245	231±48	Weighted mean 296±38		
A12	OK03052403	38°54'35"	140°44'00"	0.77	2.55	1.20	1.15	0.026	1.131	297	263±56			
A13	OK03062603	38°54'35"	140°44'00"	0.80	2.56	1.21	0.90	0.026	1.209	301	249±44			
A14	OK03062601A	38°54'22"	140°43'52"	0.68	2.26	1.00	1.61	0.026	0.867	288	345±77			
A15	OK03062602	38°54'27"	140°43'57"	0.68	2.44	0.89	1.51	0.026	0.776	255	329±74			
Ikezuki Tuff (Hinokizawa)														
A16	OK98062602	38°47'48"	140°46'08"	0.42	1.61	0.82	1.69	0.022	0.625	168	269±97	Weighted mean 296±38		
A17	OK98062601	38°47'42"	140°47'04"	0.47	1.79	1.06	1.46	0.011	0.794	200	252±76			
A18	OK03062705A	38°47'42"	140°47'04"	0.73	2.66	1.02	1.47	0.011	0.887	275	310±61			
A19	OK03062706A	38°47'41"	140°47'03"	0.55	2.26	0.94	1.45	0.011	0.787	250	318±78			
Ikezuki Tuff (Kozo)														
A20	OK03062701A	38°44'31"	140°51'37"	0.85	2.59	1.38	1.15	0.018	1.259	317	252±43	Weighted mean 268±33		
A21	OK03062702	38°44'30"	140°51'35"	0.86	2.66	1.37	1.10	0.018	1.273	364	286±54			
Ikezuki Tuff (Byobuwa)														
A22	OK03062801	38°41'55"	140°41'43"	0.58	1.84	0.99	1.18	0.014	0.825	196	238±68	Weighted mean 258±47		
Ikezuki Tuff/Mitsuzawa Formation (Mitsuzawa)														
A23	OK03062803A	38°44'08"	140°31'08"	0.76	2.37	1.07	1.21	0.032	0.999	263	263±64			
A24	OK03062803B	38°44'08"	140°31'08"	0.66	2.48	1.02	1.11	0.032	0.944	237	251±68			
Ikezuki Tuff (Gyoujyadaki)														
A25	OK03080102	38°54'34"	140°51'44"	0.57	2.33	0.89	1.09	0.016	0.844	322	382±101	Weighted mean 362±51		
A26	OK03080103A	38°54'35"	140°51'45"	0.90	2.96	1.11	0.55	0.016	1.275	480	376±96			
A27	OK03080103B	38°54'35"	140°51'45"	0.72	2.13	0.93	0.62	0.016	1.021	344	337±74			

* Gamma rays contribution is calculated for both rock fragment and surrounding pumice tuff (see text).

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。

これら分離石英の一部は天然試料としてそのまま、他方は γ 線照射(日本アイソトープ協会甲賀研究所)した後、自作の発光測定装置で発光曲線を得た。装置の主要構成は、浜松ホトニクス社C1230型ホトンカウンター+R269バイアルカリ型光電子増倍管、ESCO社プロダクトOG550フィルター+東芝硝子社IRA-10フィルター、チノー社SU-12型温度コントローラー、日本電気社PC-98シリーズコンピュータ+自作X-Yレコーダープログラムである。これら天然試料及び γ 線照射試料の発光曲線の350℃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(パレオドーズ)を決定した。なお、測定は窒素雰囲気で行い、受光波長は550-640 nm、昇温速度は120℃/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, K_2O 含有量を測定し、Bell (1979)の換算式に基づいて算出した。この測定の誤差は、各元素の含有量に対応した分析誤差を計数の統計誤差と3回以上の測定の分析値の標準偏差を併せた値として多数の試料について求め、含有量と誤差の関係を決定した(Fig. 2)。今回の誤差計算は、このデータに基づいて行っている。固結試料の年間線量計算で重要な要素となる石英粒径の測定と補正法は、島雄ら(1999)に従った。宇宙線評価については、堆積時の埋没深さを幅500 m以内の谷を埋める方法で推定し、一定の削剥速度で現在地表の採取可能な露頭となったとの仮定のもとで総寄与量を計算した(向久保・高島, 2003)。具体的な宇宙線量の例は、地表を0.2 mGy/aとし、埋没深度20 mで0.064 mGy/a、50 mで0.026 mGy/a、120 mで0.011 mGy/aとなる(Table 1)。軽石流中の岩片試料(Table 1のA8)については、その周辺軽石からの γ 線についてエネルギーを0.8 MeVとして寄与を補正した。手法は、粒径による周辺軽石からの2 MeV γ 線の寄与をMurray (1981)のデータにより求め、0.8 MeVの吸収がその0.6となるとして算出した。

以上の手順で測定と年代計算を行ったが、ランクA試料ではすべての要因を含んだ誤差を求めた。TL年代測定では補正要因が多数あり(高島, 1995)、理論的にはやや不明確と考えられるが、それを含めた測定誤差として通常の2倍の 2σ を採用した。ランクB, Cでは宇宙線寄与をゼロ、石英粒径を肉眼評価とし、これまでの実績に基づく一律な誤差を付した。

なお、鷗目露頭以外のすべての試料について、X線回折法によりスメクタイトの有無を調べた。本来なら、スメクタイトを含む試料はTL測定から除外する必要があるが、本報告では、年代値若返りの実証データとして測定結果に含めた。

IV. 測定結果

ランクAの27試料については、測定結果をTable 1に示した。対象岩体は、鳴子火山ドーム溶岩2個、鬼首高日向山溶岩4個、下山里凝灰岩2個のほかは、すべて池月凝灰岩(及び満沢層)である。最も若い年代値は鳴子火山溶岩ドームの28.1 ka、最も古い年代値は池月凝灰岩の382 kaであり、測定誤差は16.0~40.2% (2σ)であった。これらの測定値のうち、同一地層、岩体であることがほぼ確実な7グループについては、加重平均値を求めた。

ランクB, Cについては、広域的なものを43個、鷗目連続露頭のを40個測定した。このランクB, C試料の年代は、参考資料としての扱いをすべきであるとの方針から、個別のデータを表として示すことはせず、可能な年代範囲を図としてまとめている(Fig. 3, Fig. 4)。なお、ランクB, C試料については、今回示した試料とほぼ同数の不採用データがある。この判定は、U, Th, K_2O のうち、最も移動し易い K_2O を新鮮な岩石5個以上の平均値と比較し、半分以上のものを除外するという方法をとった。九州のような温暖な地域に比較して東北地方の試料は元素溶脱の程度が低く(高島ら, 2003)、未固結試料の半数以上が上

Fig. 3. TL age distribution for the samples of rank B and C from the seven different formations in Onikobe-Naruko area. Detailed points are indicated as latitude and longitude (Omitting 38° and 140° in parenthesis of each sample).

Fig. 4. Geologic column and TL age data at the Mozume outcrop site. TL age distribution determined from the samples of rank B and C at this site.

述の判定基準に照らして採用可能となっている。

広域的な測定試料は Figure 3 に示したように、測定値と誤差、採取地点の緯度経度（北緯の 38°, 東経の 140° は省略）が 7 つの地層単位毎に表記されている（概略の位置は Fig. 1 参照）。最も若い年代は柳沢凝灰岩の数万年、最も古い年代は小野田層の 60 数万年で、地質層序とはほぼ調和している。なお、試料番号の先頭の B または C がランクに対応しており、誤差はランク B が -20%, +30%, ランク C が -30%, +50% である。これらの誤差は、半経験的なものであるが、水中堆積岩では、水中にあった期間の予想最大水分量である約 50-60% (Tanaka *et al.*, 1997) から算定した。

鵜目連続露頭の測定結果は Figure 4 に示すとおりであり、地質と対比させているが、個別試料番号は付していない。ランクについては、堆積岩である高清水層の 2 試料、小野田層の 18 個の合計 20 個がランク C であり、その他 20 個がランク B となる（誤差は上記と同じ）。鵜目で最も若い年代は最上部の 20 万年弱、最も古い年代は最下部小野田層の 60 数万年であり、高清水層は明確に下部層より古い年代を示した。

V. 考 察

1. ランク A 試料の年代測定結果と解釈

鳴子火山ドーム溶岩の 35.6 ka 及び 28.1 ka (加重平均 30.4 ± 5.5 ka), 高日向山溶岩の 179 ka ~ 195 ka (同 187 ± 16 ka), 下山里凝灰岩の 169 ± 43 ka 及び 170 ± 69 ka は、これまでの層序学的検討ならびに年代測定結果 (早田・八木, 1991; 土谷ら, 1997; など) と矛盾しない。今回の TL 年代値は、信頼がおけるデータとして、今後の火山活動史の検討に利用され得るものと考えられる。

池月凝灰岩については、確実に同層とされている桧沢及び小僧で 252 ka ~ 318 ka (加重平均 296 ± 38 ka) 及び 252 ka, 286 ka (加重平均 268 ± 33 ka) となり、FT 年代の 0.25 ± 0.08 Ma (土谷ら, 1997) と調和している。桧沢及び小僧の年代値である 268 ka ~ 296 ka を池月凝灰岩層の年代として、他の地点の年代データを比較すれば、湯浜、屏風岩、満沢の 3 地点からの試料は池月凝灰岩層と同時代に対比される。但し、湯浜は 231 ka ~ 263 ka の 3 試料と 329 ka, 345 ka の 2 試料で有意な差が認められることから、層序学的検討とさらなる試料の測定が必要である。

池月凝灰岩とは明瞭に異なる年代となったのは、湯浜温泉（一迫川（母沢）流域）に分布する 2 試料の 136 ka と 194 ka (加重平均 169 ± 31 ka), 栗駒山南東部三迫川上流行者滝付近に分布する 3 試料の 337 ka ~ 382 ka (同 362 ± 51 ka) である。前者については、沢沿いに下山里凝灰岩が流れ下ったという可能性も考えられる。後者については、対応する年代データがなく、帰属は不明である。今後、詳細な地質調査や岩石学的研究と組み合わせた測定の追加が必要と考えられる。

本地域におけるランク A の試料の TL 年代は、全般的に

他の年代測定結果や層序との対応も良い。ランク A の試料についてのみの年代値を採用すれば、従来の TL 年代測定に付随した不確定要素をかなりの程度取り除くことが可能となる。近年の測定では全てこのような手法を選択しており、他の地域でも採用されている(山縣ら, 2004; 奥野ら, 2005; など)。

2. ランク B 及び C 試料の測定結果とその評価

すでに述べたように、火山灰や未固結火砕流は水分変動や元素移動の評価が困難なことから、われわれの研究室では正確な TL 年代測定には使用していない。しかし、TL 測定自体は容易であり、簡便に多数の年代データを求めることができる。本地域でも、ランク A 試料 27 個以外に 100 個を超える TL 年代が得られた。そのようなデータについても、どの程度の誤差の許容範囲を想定すれば議論に使えるかを評価しておくことは、今後の TL 年代の適用可否の判定に役立つと考えられる。

本地域の広い範囲から採取した 43 試料の年代分布は Figure 3 に示したとおりである。地層としては鳴子・鬼首地域で 5 層準、向町地域で 2 層準となる。全体的な傾向は層序と各種文献から予想される年代に調和的である。従って、他の年代データの取得が困難な対象については、予察的な利用を原則とし、公表するのではなく、作業データとして活用する程度であれば十分価値があると思われる。但し、特定の目的については、年代幅を示した上での公表も容認されるであろう。例えば、Figure 1 の C1, C2 試料は、鬼首カルデラ北部のほぼ直立した水中軽石流堆積物であり、山王森ブロックの隆起により変位したとされている(Yamada, 1988)。測定された C1, C2 の TL 年代は 20 万年より若く、水中堆積のため測定年代より古くなると予想しても 25 万年前後であり、山王森ブロックの隆起はそれ以後であることが確実である。この場合は、地層の年代もさることながら、構造運動の時期の解明という目的に応用されるもので、年代値に多少の不確実さがあっても傍証としての活用は可能であろう。

Figure 3 の年代のうち、B5, B9, B11, B25, C3, C5, C6 は各地層の平均的年代より若い傾向を示す試料が認められる。これらは全て、原岩試料の X 線回折測定結果で微量のスメクタイトの存在が確認されており、続成変質作用が確実に TL 年代を若返らせている。今後は、TL 測定前にそのような続成変質を受けた試料を選別し、排除することが必要である。

鴎目の連続露頭は、地層の上下関係は明瞭であり、得られた年代も誤差を考慮すれば層序と調和的である(Fig. 4)。池月凝灰岩層の 30 万年前後は、土谷ら(1997)の FT 年代(0.25 Ma)や本研究のランク A 試料の年代、小野田層上部の 40 万年前後、下部の 60 万年前後などの年代は、古川図幅(北村ら, 1981)地域の最上部凝灰岩層 Ot7 の FT 年代 0.62 Ma(土谷・伊藤, 1996)とほぼ一致する。早田(1993)は、鴎目地域のテフラを上位から鴎目火砕流、鴎目軽石、縮沢火砕流、館沢火砕流、湯浜火砕流と区分した。それら

の地層は、今回の調査柱状図との明確な対比はできていないが全て含むことは確実であり、その年代幅が 40 万年から 60 万年と推察される。しかしながら、すべての試料がランク B, C であることから、各火砕流・軽石の確定年代や相互の区分は不可能である。

IV. ま と め

TL 年代の信頼性確保のため、試料の選択に重点を置いて測定した鬼首・鳴子地域の測定結果は以下のようにまとめられる。

1. TL 年代測定の試料を、閉鎖系確保に係る固結度と地質状況を判定してランク A, B, C に 3 区分した。

2. 閉鎖系が確保されている溶岩、強溶結凝灰岩、未固結凝灰岩中の溶岩岩片(ランク A) 27 試料について、可能な限りの補正を行って TL 年代を求めた。

3. ランク A 試料の TL 年代(加重平均値)は、鳴子火山ドーム溶岩(尾ヶ岳岩体)が 30.4 ± 5.5 ka, 高日向山溶岩が 187 ± 16 ka, 池月凝灰岩が桧沢地区 296 ± 38 ka・小僧地区 268 ± 33 ka となった。また、下山里凝灰岩は 2 地点で 169 ± 43 ka 及び 170 ± 69 ka という年代が得られた。

4. ランク A の測定値から、広域に分布する池月凝灰岩相当と考えられる地層のうち、湯浜(231 ± 48 ka ~ 345 ± 77 ka)、屏風岩(238 ± 68 ka)、満沢(258 ± 47 ka, 加重平均)の 3 地域のは年代値がほぼ一致し、同一層準のものと判定された。しかし、湯浜温泉(169 ± 31 ka, 加重平均)及び行者滝(362 ± 51 ka, 加重平均)は、池月凝灰岩とは別の地層である可能性が高い。

5. 閉鎖系の条件を満たさない未固結凝灰岩(ランク B)及び水中堆積した凝灰岩など(ランク C)についても多数の TL 年代データを求めた。これらは、既存文献や層序から予想される年代にほぼ調和する結果が得られたが、不確定要素を排除することは困難であり、予察的な目的や他に方法がない場合に限って公表し使用することが適当であろう。

6. 固結した試料の選択と高精度の測定及び石英粒径・宇宙線等を補正した正確な年間線量評価により、TL 年代測定の信頼性はほぼ確保でき、数千年から数十万年の石英を含む火山岩類への適用が可能と考えられる。

謝 辞 鴎目露頭の調査に当たっては、同地所有者の梁川 通氏の快諾を受け便宜を図って頂いた。 γ 線照射では、日本アイソトープ協会甲賀研究所の廣庭隆行氏のご協力を頂いた。試料処理等の実験及び資料整理については秋田大学の佐々木恭治氏及び長谷川雅子さんにお世話になった。また査読者の岡山理科大学、蜷川清隆教授及び西戸裕嗣教授には有益なご指摘を頂いた。記して深謝の意を表します。

引用文献

- Bell, W.T. (1979): Thermoluminescence dating: radiation dose-rate data. *Archaeometry*, **21**, 243-245.
- 橋本哲夫, 能登谷信, 白井更知 (1993): 高森遺跡関連地層からの石英素粒子を用いた赤色熱蛍光 (RTL) 年代測定. 高森遺跡 II, 東北歴史資料館資料集, no. 35, 東北歴史資料館, 43-52.
- 市川米太 (1988): 馬場壇 A 遺跡関連の TL 年代. 馬場壇 A 遺跡 II, 東北歴史資料館資料集, no. 23, 東北歴史資料館, 53-54.
- 石田琢二 (1978): 座散乱木および安沢遺跡周辺の地形と地質. 宮城県玉造郡岩出山町座散乱木遺跡発掘調査報告書 I, 石器文化談話会編, 32-38.
- Ishida, T. (1981): Pliocene and Quaternary History of the northern part of Sendai Lowland area, a study of structural and geomorphic development. *Saito Ho-On Kai Mus. Nat. Hist. Res. Bull.*, no. 49, 99-113.
- 北村 信 (1956): 東北地方脊梁山脈 (岩手・秋田・宮城県境) に発達する石英安山岩類の層位学的問題について. *地球科学*, **28**, 14-22.
- 北村 信, 大沢 穠, 石田琢二, 中川久夫 (1981): 古川地域の地質 (5 万分の 1 図幅), pp. 32, 地質調査所.
- 向久保晶, 高島 勲 (2003): 信頼できる熱ルミネッセンス年代測定手法の検討. 八幡平地域の火山岩を例として. 平成 15 年日本地熱学会講演要旨, 10.
- Murray, A.S. (1981): Environmental radioactivity studies relevant to thermoluminescence dating. PhD thesis, Oxford University.
- 長友恒人 (1993): 高森遺跡関連テフラの熱ルミネッセンス年代測定. 高森遺跡 II, 東北歴史資料館資料集, no. 35, 東北歴史資料館, 39-42.
- 中井信之 (1988): 放射性炭素年代測定結果の報告. 馬場壇 A 遺跡関連 II, 東北歴史資料館資料集, no. 23, 東北歴史資料館, 52.
- 奥野 充, 前垣内勇作, 高島 勲, 中村俊夫, 稲永康平, 小林哲夫 (2005): 放射性炭素および熱ルミネッセンス年代測定による鍋島岳火山の噴火年代の検討. 福岡大学理学集報, **35**, 14-48.
- 阪口圭一, 山田 三 (1988): 鬼首カルデラ周辺の火砕流堆積物. いわゆる北川石英安山岩の再検討. 地質調査所報告, no. 268, 37-59.
- 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.
- 早田 勉 (1993): テフクロノロジーによる築館町高森遺跡の石器出土層位の検討. 高森遺跡 II, 東北歴史資料館資料集, no. 35, 東北歴史資料館, 25-38.
- 早田 勉, 八木浩司 (1991): 東北地方の第四紀テフラ研究. 第四紀研究, **30**, 369-378.
- 田口一雄 (1975): 5 万分の 1 地質図「鳴子」および同説明書. pp.14, 山形県.
- 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精度について. 第四紀研究, **34**, 209-220.
- 高島 勲, エディ スチプタ (2004): 東北及び北海道の第四紀火山岩の熱ルミネッセンス年代の総括. 平成 16 年日本地熱学会講演要旨集, 15.
- 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, 向久保晶, エディ スチプタ (2003): 熱ルミネッセンス年代測定はどこまで使えるか. ルミネッセンス研究から真の年代測定へ. 日本火山学会講演予講集, 2003 年秋季大会講演要旨集, 17.
- Takashima, I., Nazuri, A.A., Lim, P.S., Koseki, T., Mouri, Nasution, A. and Eddy Sucipta, I G.B. (2004): Thermoluminescence age determination of Quaternary volcanic rocks and alteration products at Tawau area, Sabah, Malaysia. *J. Geotherm. Ses. Soc. Japan*, **26**, 273-283.
- 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.
- Tanaka, K., Hataya, R., Spooner, N.A., Questiaux, D.G., Saito, Y. and Hashimoto, T. (1997): Dating of marine terrace sediments by ESR, TL and OSL methods and their applicabilities. *Quaternary Science Reviews*, **16**, 257-264.
- 豊田 新, 岡部師才 (1995): ESR (電子スピン共鳴) による高森遺跡関連火山灰噴出物の年代測定 (2). 東北歴史資料館資料集, no. 39, 東北歴史資料館, 23-28.
- 土谷信之, 伊藤順一 (1996): 5 万分の 1 地質図幅「岩ヶ崎」地域の火山層序. 日本火山学会 1996 年秋季大会講演要旨集, no. 2, 169.
- 土谷信之, 伊藤順一, 関 陽児, 巖谷敏光 (1997): 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), pp. 96, 地質調査所.
- Yamada, E. (1988): Geologic development of the Onikobe caldera, Northeast Japan, With special reference to its hydrothermal system. *Rept. Geol. Surv. Japan*, no. 268, 61-190.
- 山田 三, 岡田 博, 西村 進, 谷口政碩, 名取博夫 (1978): 宮城県玉造郡片山・鳴子地熱地域の熱水変質帯. 地調報告, no. 259, 341-376.
- 山縣武彦, 高島 勲, 渡辺公一郎, 井沢英二 (2004): 熱ルミネッセンス法による新期雲仙火山溶岩ドームの年代測定. 妙見火山以降 2 万 5 千年の噴火活動史. 火山, **49**, 73-81.