

十和田火山，噴火エピソード E 及び G 噴出物の放射性炭素年代

工藤 崇*

(2008年2月18日受付, 2008年11月14日受理)

Radiocarbon Ages of the Eruptive Products from the Eruptive Episodes E and G,
Towada Volcano, Northeast Japan

Takashi KUDO*

Towada volcano is an active volcano located at the northern part of the Northeast Japan arc. I carried out AMS radiocarbon dating of two soil samples taken from directly below the tephra layers derived from the eruptive episodes E and G at Towada volcano. The obtained ^{14}C ages were 8110 ± 30 BP (PLD-8913) for the eruptive episode E (Nambu Pumice) and 9970 ± 35 BP (PLD-8914) for the eruptive episode G (Shingo Pumice). On the basis of the calibrated ^{14}C ages and the stratigraphic relations, the most suitable ages of eruptive episodes E, F, G and Ninokura Scoria were estimated to be approximately 9.2, 10.2, 11 and 11.7–15.5 cal kyr BP, respectively. These results enabled more detailed and reliable chronology of eruptive history during the post-caldera stage of Towada volcano.

Key words: Towada volcano, eruptive episode E, eruptive episode G, AMS ^{14}C dating, eruptive history

1. はじめに

十和田火山は青森・秋田県境に位置し、直径約11 kmのカルデラを有する活火山である(図1)。十和田火山の活動は、先カルデラ期(55 ka以前)、カルデラ形成期(55–15 ka)、後カルデラ期(15 ka～現在)の3つのステージに区分されている(Hayakawa, 1985)。十和田火山の噴火イベントはHayakawa (1985)により、噴火休止期を示す土壌層を境として1回の「噴火エピソード」毎に整理され、上位からA, B, Cとアルファベットを用いて命名されている。十和田火山は他の活火山と比較して噴火の発生頻度は低いものの、後カルデラ期では数百年～数千年以下の間隔で爆発的噴火を繰り返しており(Hayakawa, 1985; 工藤・佐々木, 2007)、火山災害の危険性を考慮すべき重要な火山の1つであると言える。将来の噴火を予測するためには、過去の噴火履歴をできるだけ正確に把握しておく必要がある。その中でも噴火年代に関する情報は、噴火の発生頻度や周期性を知るための重要な基礎データとなる。したがって、可能な限り高精度で確実な年代データの取得と妥当な噴火年代の提示が望まれる。

十和田火山後カルデラ期噴出物に関する ^{14}C 年代は、平山・市川(1966)、松井ほか(1969)、大池・高橋(1970)、大池・庄子(1974)、田高(1976)、早川(1983)、Hayakawa(1985)、NEDO(1986)、工藤ほか(2003)によって報告されてきた。しかし、これらの年代データは一部の噴火エピソードに限られたものであり、後カルデラ期全体の噴火史を編年するには不十分であった。そこで工藤・佐々木(2007)は、それまで ^{14}C 年代が未報告の噴出物を中心に、加速器質量分析(AMS)法による ^{14}C 年代測定を行ない、各噴火エピソードについてその時点で最も妥当と判断される年代を提示した。しかし、噴火エピソードEとFについては、今後更なる検討が必要とされ、新たな ^{14}C 年代の取得が望まれていた。

また、十和田火山後カルデラ期における重要な噴火の1つとして、噴火エピソードGが挙げられる。この噴火は、二の倉スコリアに代表される後カルデラ期初期の断続的にスコリア噴火が続くステージから、その後の数百年以上の静穏期を挟んで単発的に軽石噴火が起こるステージへの過渡期に発生している。また、この噴火を境

* 〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7
産業技術総合研究所地質情報研究部門
AIST, Institute of Geology and Geoinformation,
Geological Survey of Japan, Central 7, Higashi

1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8567

Corresponding author: Takashi Kudo
e-mail: kudo-taka@aist.go.jp

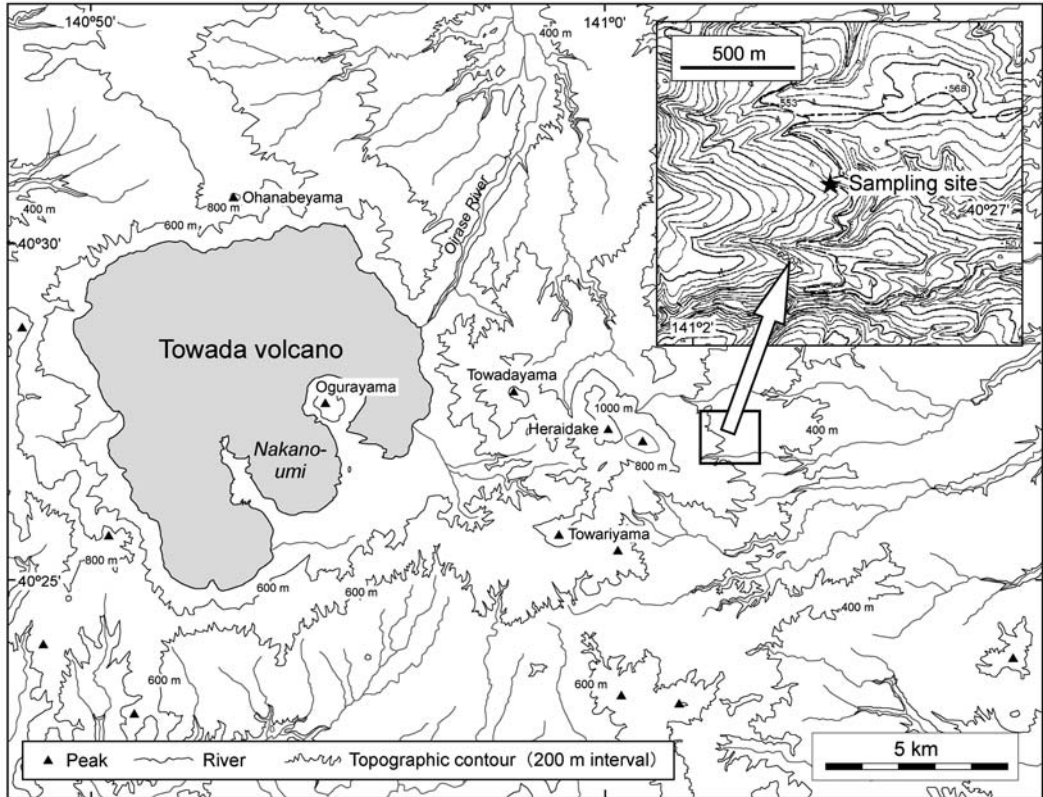


Fig. 1. Topographic map of Towada volcano showing the sampling site for ^{14}C dating. A part of 1:25,000 topographic map “Heraidake” published by the Geographical Survey Institute is used.

図 1. 十和田火山の地形図。 ^{14}C 年代測定試料の採取地点を示す。国土地理院発行 2万5千分の1地形図「戸来岳」を使用。

にマグマの性質が変化することも報告されている（久利・栗田, 1999; 久利・谷口, 2007）。したがって、噴火エピソード G の噴火年代を正確に決定することは、十和田火山の発達モデルを構築する上でも意義がある。しかし、噴火エピソード G の年代データは工藤・佐々木 (2007) が報告した ^{14}C 年代値 1 点のみであり、より妥当性の高い年代を提示するためには年代データを増やす必要があった。

今回、噴火エピソード E と G に関して、テフラ直下土壌の AMS ^{14}C 年代測定を行なう機会を得た。本論ではそれらの結果を基に、噴火エピソード E, F, G, 二の倉スコリアの噴火年代を再検討し、噴火年代の改訂を行なった。また、十和田火山後カルデラ期における火山発達に伴う噴火発生頻度の変化についても議論する。

2. 試料と測定方法

試料は十和田湖東方、青森県新郷村の戸来岳東山腹

（世界測地系で北緯 40 度 27 分 4 秒，東経 141 度 2 分 25 秒）で採取した（図 1）。ここでは降下テフラと土壌層からなる全層厚 5.7 m 以上の互層が観察され（図 2），上位より、噴火エピソード C の中振軽石（早川, 1983），噴火エピソード D' の火山灰層（Hayakawa, 1985），噴火エピソード D の火山灰層（工藤・佐々木, 2007），噴火エピソード E の南部軽石（Hayakawa, 1985），噴火エピソード F の栂山火山灰（Hayakawa, 1985），噴火エピソード G の新郷軽石（Hayakawa, 1985）および二の倉スコリア（Hayakawa, 1985）が認められた。年代測定に供した土壌試料は南部軽石直下および新郷軽石直下の層準から採取した（図 2）。試料の採取時には、その直上のテフラが土壌動物や植物根などで生物攪乱されていないことを産状にて確認している。

採取された土壌試料 2 点について、AMS 法による ^{14}C 年代測定を行なった。測定は株式会社パレオ・ラボに依頼した。試料はいずれも前処理として酸-アルカリ-酸洗

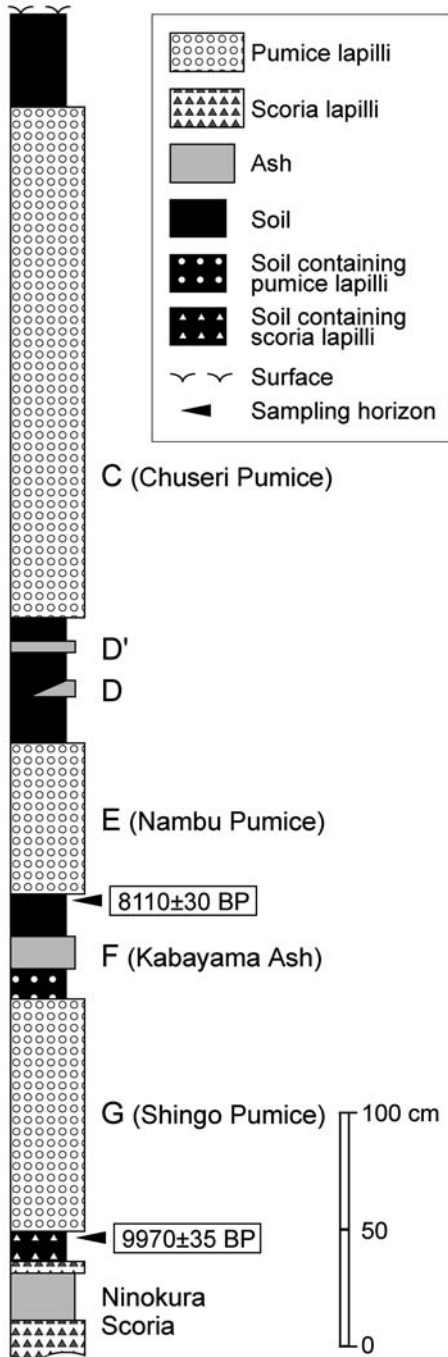


Fig. 2. Geological columnar section at the sampling site. Numerals in rectangles are ^{14}C date. Alphabets represent the name of eruptive episodes. Words in parentheses represent the name of eruptive units.

図 2. 試料採取地点の地質柱状図. 四角で囲った数値は得られた ^{14}C 年代値. アルファベットは噴火エピソード名を, 括弧内は噴火ユニット名を示す.

浄を行ない, ヒューミンを測定対象とした. 試料は調整後, 加速器質量分析計 (パレオ・ラボ, コンパクト AMS: NEC 製 1.5S DH) を用いて測定した. 得られた ^{14}C 濃度については同位体分別効果の補正を行った後, ^{14}C 年代を算出した. ^{14}C 年代値は Libby の半減期 5568 年を用いて算出し, 西暦 1950 年から遡った年数を BP で記した. 測定結果の暦年較正には, ^{14}C 年代-暦年代較正曲線 IntCal04 (Reimer *et al.*, 2004), 較正プログラム CALIB 5.0.1 (Stuiver and Reimer, 1993) を用いた. なお, 本報告では暦年未較正の ^{14}C 年代値を「BP/kyr BP」, 較正暦年代に基づく年代値を「cal BP/cal kyr BP」と表記する.

3. 測定結果

3-1 噴火エピソード E

噴火エピソード E の南部軽石直下の土壌から, 8110 ± 30 BP (PLD-8913) の年代値が得られた (表 1). これまで噴火エピソード E に関する年代値としては, 南部軽石中の炭化木片から得られた 8600 ± 250 BP (GaK-2613: 大池・高橋, 1970), 8370 ± 170 BP (GaK-10650: Hayakawa, 1985) があった. なお, これらはいずれも気体計数管法で測定されたものであり, 同位体分別補正はなされていない. 今回得られた年代値は, 従来の年代値よりも 500~300 年程度若い結果となった.

3-2 噴火エピソード G

噴火エピソード G の新郷軽石直下の土壌から, 9970 ± 35 BP (PLD-8914) の年代値が得られた (表 1). これまで噴火エピソード G に関する年代値としては, 工藤・佐々木 (2007) によって新郷軽石直下の土壌から得られた 9330 ± 35 BP (PLD-6377) があった. 今回得られた年代値は従来の年代値よりも 600 年ほど古い結果となったが, 年代値と層序関係の顕著な矛盾は認められない.

4. 噴火年代の再検討

工藤・佐々木 (2007) は, 十和田火山後カルデラ期の各噴火エピソードについて, 暦年スケールによるその時点で最も妥当と判断される年代を提示した. ここでは今回得られた年代値を用いて, 噴火エピソード E, F, G および二の倉スコリアの年代を再検討する.

4-1 噴火エピソード E

工藤・佐々木 (2007) は噴火エピソード E の年代として, Hayakawa (1985) による 8370 ± 170 BP の年代値を採用した. そして, この試料の $\delta^{13}\text{C}$ 値を炭化木片の典型値である -25‰ (Stuiver and Polach, 1977) と仮定して暦年較正を行ない, 噴火エピソード E の暦年代をおおよそ 9.4 cal kyr BP とした. しかし, この年代値は誤差が比較的大きく, 同位体分別補正がなされていないため, より

Table 1. Results of AMS¹⁴C dating.表 1. AMS¹⁴C年代測定の結果.

Stratigraphic position ⁽¹⁾	Lab. no.	Material	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	¹⁴ C date ⁽²⁾ ($\pm 1\sigma$)	Cal. range (2 σ) ⁽³⁾ (probability, %)
Below E	PLD-8913	Soil	-25.12 \pm 0.17	8110 \pm 30 BP	8996-9094 BP (93.2) 9100-9123 BP (6.8)
Below G	PLD-8914	Soil	-24.49 \pm 0.18	9970 \pm 35 BP	11266-11501 BP (81.3) 11524-11605 BP (18.8)

⁽¹⁾ See Fig. 2. ⁽²⁾ The Libby's half-life of 5568 years was used. ⁽³⁾ Based on the calibration curve IntCal04 (Reimer *et al.*, 2004) using the computer program CALIB 5.0.1 (Stuiver and Reimer, 1993).

正確な年代値を求めるために新たな¹⁴C年代データの取得が望まれていた。今回、AMS法によってより誤差が小さく、同位体分別が補正された年代値が得られたが、従来の年代値よりも500~300年程度若い結果となった。この年代差は同位体分別補正の有無だけでは説明できないため、その要因は試料あるいは前処理方法の違いにあると思われるが、その詳細は不明である。これらの年代値については、いずれも層序関係との矛盾は特に認められない。よって、現時点では工藤・佐々木(2007)が提示した年代と今回得られた年代の平均値を噴火年代とするのが妥当であると思われる。今回得られた年代値の暦年代はおおよそ9.0 cal kyr BP(表1)であり、両者の平均値はおおよそ9.2 cal kyr BPとなる。

4-2 噴火エピソード F

工藤・佐々木(2007)は、噴火エピソードFの樺山火山灰直下の土壌から、8110 \pm 30 BP (PLD-6379)の年代を報告している。しかし工藤・佐々木(2007)は、上下のテフラの年代とテフラ間の土壌の厚さを根拠に、この年代値がFの年代としては若すぎると判断し、採用しなかった。この年代値は、今回得られた上位の南部軽石(噴火エピソードE)直下の年代と一致しており、Fの年代としては若すぎるという工藤・佐々木(2007)の判断を支持する。したがって、工藤・佐々木(2007)による樺山火山灰の年代値は、若い炭素に汚染されたものから得られた可能性がある。考え得るケースとしては、樺山火山灰の層を貫いて成長した樹幹や根が死滅した後、上位の土壌がその空洞を埋めて落ち込み、見掛け上同層準に若い土壌が共存する場合である。その際、周囲の古い土壌層は若い炭素で汚染される危険性がある。露頭観察を改めて行なったところ、工藤・佐々木(2007)が試料を採取した露頭では、層厚5 cmの樺山火山灰が局所的に途切れて土壌に置き変わっている箇所が認められた。このことは、上記のようなプロセスで樺山火山灰直下の土

壌が汚染されていた可能性を示す。したがって、工藤・佐々木(2007)により得られた樺山火山灰の年代は、彼らの判断と同様、噴火年代を示していないと判断される。

工藤・佐々木(2007)は、噴火エピソードEおよびGの暦年代とテフラ間の土壌の厚さを用いてFの年代を見積もり、おおよそ10 cal kyr BPとした。今回、EとGの年代が改訂されたことにより、改めてFの年代を見積もり直した。E、FおよびGの三者のテフラが観察される5ヶ所の露頭で得られた層厚データから見積もると、Fの年代は10.1~10.4 cal kyr BP、平均値は約10.2 cal kyr BPとなった。これは工藤・佐々木(2007)の見積りとほぼ同様な値となった。

4-3 噴火エピソード G

工藤・佐々木(2007)は噴火エピソードGの暦年代を、9330 \pm 35 BP (PLD-6377)の較正暦年代幅から、おおよそ10.6 cal kyr BPとした。一方、今回得られた年代値は9970 \pm 35 BPと、従来よりも600年ほど古い結果となった。両者の年代測定手法・測定機関は同一であるため、年代の差が生じた要因は試料にあると思われるが、その詳細は不明である。現時点では、両者の平均値を噴火年代とするのが妥当であると思われる。今回得られた年代値の暦年代はおおよそ11.4 cal kyr BP(表1)であり、両者の平均値はおおよそ11 cal kyr BPとなる。

4-4 二の倉スコリア

二の倉スコリアは複数の降下スコリア層・降下火山灰層の総称であり、これらの堆積は十和田カルデラを形成した噴火エピソードL直後から始まり、噴火エピソードG以前に終了した(Hayakawa, 1985; 久利・栗田, 2003)。工藤・佐々木(2007)は、噴火エピソードLおよびGの年代より、二の倉スコリアの噴出時期をおおよそ15-11 cal kyr BPと推定した。今回、噴火エピソードGの年代が改訂されたとともに、新たにHoriuchi *et al.* (2007)により噴火エピソードLのAMS¹⁴C年代が報告されたこ

とから、二の倉スコリアの年代についても再検討を行なった。Horiuchi *et al.* (2007) は、噴火エピソード L の八戸火砕流堆積物中の樹皮付き埋没林樹幹 2 本について ^{14}C 年代測定を行ない、それぞれの最外年輪 5 本部分の年代から、噴火年代を約 15.5 cal kyr BP とした。この年代は、立ち木状態で火砕流に埋もれた樹幹から得られたものであり、噴火年代を示していると判断される。この年代を採用すると、二の倉スコリア噴出時期の下限はおおよそ 15.5 cal kyr BP となる。一方、二の倉スコリアと G の新郷軽石の間には 2–14 cm の土壤層が存在する (工藤・佐々木, 2007)。E-G 間の土壤の堆積速度については、今回改訂された噴火年代と 5 ケ所の露頭の層厚データから、おおよそ 0.02 cm/年と見積もられる。この堆積速度を用いると、二の倉スコリアと G の時間間隔は 100–700 年間と算出される。土壤層が侵食により薄化しているケースを考慮して最大の時間間隔を採用し、噴火エピソード G の年代を 11 cal kyr BP とすると、二の倉スコリア噴出時期の上限はおおよそ 11.7 cal kyr BP となる。以上より、二の倉スコリアの噴出時期はおおよそ 15.5–11.7 cal kyr BP となる。

5. 火山発達にともなう噴火発生頻度の変化

本論で改訂した噴火年代を用いて編年した十和田火山後カルデラ期の噴火史を図 3 に示す。また、縦軸に各噴火エピソードにおける噴火前の休止期間の長さ、横軸に噴火年代をとった図を図 4 に示す。以下では後カルデラ期噴火史の概要について述べるとともに、火山発達にともなう噴火発生頻度の変化について議論する。なお、同様な議論は工藤・佐々木 (2007) でも行なったが、ここでは改訂された年代に基づき、より詳しく議論する。

十和田火山では 15.5 cal kyr BP に起こった噴火エピソード L により、現在見られる十和田カルデラの原形が形成された (Hayakawa, 1985)。後カルデラ期の噴火活動はその直後から開始された (Hayakawa, 1985)。初期の活動は、主に玄武岩質安山岩マグマによる断続的なスコリア・火山灰の噴出 (二の倉スコリア) および度重なる溶岩流の流出による成層火山の形成で特徴づけられる (Hayakawa, 1985; Hunter and Blake, 1995; 久利・栗田, 2003, 2004)。この一連の活動は、おおよそ 11.7 cal kyr BP まで約 3800 年間続いたと考えられる (図 3)。この時期には、少なくとも 11 回の火砕噴火がほぼ等時間間隔で発生したと考えられていることから (久利・栗田, 2003)、おおよそ 350 年間隔で噴火が発生していたと推定される。実際にはそれ以上の頻度で噴火が発生していたと予想されており (工藤・佐々木, 2007)、15.5–11.7 cal kyr BP には 350 年以下の比較的短い時間間隔で噴火が高頻

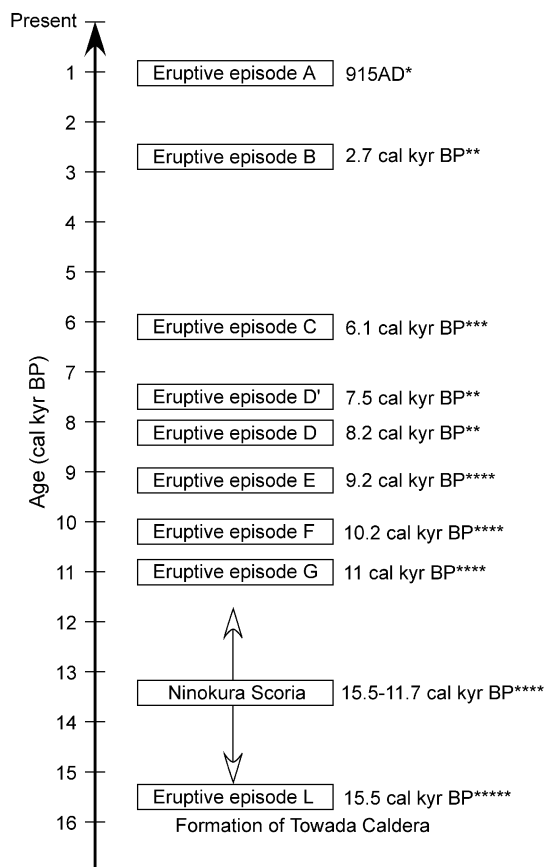


Fig. 3. Chronology of eruptive history during the post-caldera stage of Towada volcano. Ages: *, Machida *et al.* (1981) and Hayakawa and Koyama (1998); **, Kudo and Sasaki (2007); ***, Kudo *et al.* (2003); ****, this paper; ***** Horiuchi *et al.* (2007).

図 3. 十和田火山後カルデラ期の噴火史編年。年代値: *, 町田ほか (1981) および早川・小山 (1998); **, 工藤・佐々木 (2007); ***, 工藤ほか (2003); ****, 本研究; ***** Horiuchi *et al.* (2007)。

度で発生していたと考えられる (図 4)。

二の倉スコリアの噴出以降は、マグマ組成がデイスait 主体に変化するとともに (Hunter and Blake, 1995; 久利・栗田, 1999; 久利・谷口, 2007)、噴火様式がより爆発的になり、プリニー式噴火とマグマ水蒸気噴火が卓越するようになった (Hayakawa, 1985)。まず 11 cal kyr BP に G の噴火が起こった後、10.2 cal kyr BP に F、9.2 cal kyr BP に E、8.2 cal kyr BP に D、7.5 cal kyr BP に D'、6.1 cal kyr BP に C の噴火が起こった。この時期は 700–1400

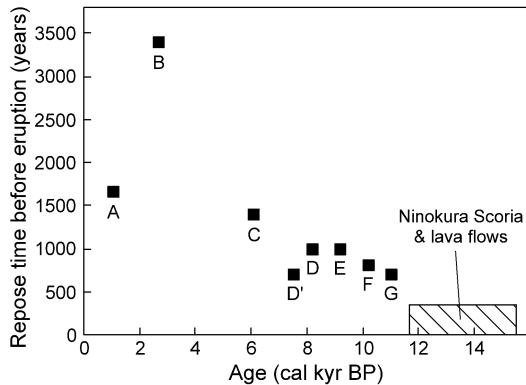


Fig. 4. Temporal variations of repose time before eruption during the post-caldera stage of Towada volcano.

図 4. 十和田火山後カルデラ期における噴火前休止期の時代変化。

年程度の間隔で噴火が発生しており、二の倉スコリア期と比較すると噴火間隔は明らかに長期化し、噴火頻度は減少している (図 3 および 図 4)。

C の噴火後は、約 3400 年間にわたる比較的長期の休止期を挟んで 2.7 cal kyr BP に B の噴火が発生し、その後、約 1700 年間の休止期を挟んで西暦 915 年に A の噴火が起こった (図 3)。C 以前と比較すると噴火間隔はさらに長期化し、噴火頻度は減少しているように見える (図 4)。

全体的な傾向を見ると、工藤・佐々木 (2007) が指摘したように、時代とともに噴火間隔が長期化し、噴火発生頻度が低下する傾向が認められる (図 4)。少なくとも後カルデラ期初期から C にかけては、時代とともに噴火間隔が徐々に長期化している (図 4)。C 以後も噴火間隔は長期化しているものの、C-B 期間の休止期が例外的に長いこと、それ以前のような単調な変化ではなくなっている (図 4)。これは C 以降に火山活動システムに何らかの変化があったことを示唆する。C の噴火では直径約 3 km の中 海クレーター (あるいはカルデラ) が形成されたと推定されている (Hayakawa, 1985)。これが浅部マグマ供給系に影響を与え、活動システムの変更をもたらした可能性がある。しかし、今のところその要因を特定するには至っていない。今後、各噴火エピソードの噴出量を再検討した上で、噴火発生頻度、噴火規模、マグマ組成の時間変化の関係について考察を行い、十和田火山後カルデラ期の火山活動システムとその時間変化の要因について解明していきたいと考えている。

6. まとめと今後の課題

十和田火山後カルデラ期、噴火エピソード E 及び G のテフラ直下土壌について、AMS ^{14}C 年代測定を行なった。噴火エピソード E (南部軽石) からは 8110 ± 30 BP、噴火エピソード G (新郷軽石) からは 9970 ± 35 BP の年代値が得られた。今回得られた年代値を基に、噴火エピソード E, F, G、二の倉スコリアの年代を再検討し、噴火年代の改訂を行なった。その結果、現時点で最も妥当と判断される各噴火年代は、それぞれおおよそ E: 9.2 cal kyr BP, F: 10.2 cal kyr BP, G: 11 cal kyr BP、二の倉スコリア: 11.7–15.5 cal kyr BP となった。今回の年代測定結果により、十和田火山後カルデラ期のより詳細な噴火史編年が可能となり、火山発達に伴う噴火発生頻度の変化傾向がより明確になった。今後、これらの年代データを基に、噴火発生頻度、噴火規模、マグマ組成の時間変化との関係について考察を進め、十和田火山後カルデラ期の火山活動システムとその時間変化の要因を解明していきたい。

謝 辞

十和田火山の研究を進めるにあたり、国際航業株式会社の佐々木寿博士には常日頃からご議論いただいている。編集委員の及川輝樹博士 (産総研)、査読者の奥野充准教授 (福岡大学) および匿名査読者には、本論を改善する上で有益なコメントをいただいた。ここに記して深く感謝申し上げます。

引用文献

- 早川由紀夫 (1983) 十和田火山中振テフラ層の分布、粒度組成、年代。火山, **28**, 263–273.
- Hayakawa, Y. (1985) Pyroclastic geology of Towada volcano. *Bull. Earthq. Res. Inst.* **60**, 507–592.
- 早川由紀夫・小山真人 (1998) 日本海をはさんで 10 世紀に相次いで起こった二つの大噴火の年月日—十和田湖と白頭山—. 火山, **43**, 403–407.
- 平山次郎・市川賢一 (1966) 1000 年前のシラス洪水—発掘された十和田湖伝説—. 地質ニュース, no. 140, 10–28.
- Horiuchi, K., Sonoda, S., Matsuzaki, H. and Ohyama, M. (2007) Radiocarbon analysis of tree rings from a 15.5-cal kyr BP pyroclastically buried forest: a pilot study. *Radiocarbon*, **49**, 1123–1132.
- Hunter, A.G. and Blake, S. (1995) Petrogenetic evolution of a transitional tholeiitic — calc-alkaline series: Towada volcano, Japan. *Jour. Petrol.*, **36**, 1579–605.
- 工藤 崇・佐々木寿 (2007) 十和田火山後カルデラ期噴出物の高精度噴火史編年。地学雑, **116**, 653–663.
- 工藤 崇・奥野 充・中村俊夫 (2003) 北八甲田火山群における最近 6000 年間の噴火活動史。地質雑, **109**, 151–165.

- 久利美和・栗田 敬 (1999) 十和田火山後カルデラ期降下火砕物の推移. 地質調査所月報, **50**, 699-710.
- 久利美和・栗田 敬 (2003) 十和田火山二の倉スコリア群の層序区分の再検討—二の倉スコリア期の噴火活動の推移—. 火山, **48**, 249-258.
- 久利美和・栗田 敬 (2004) 十和田火山二の倉期のマグマプロセス. 火山, **49**, 367-381.
- 久利美和・谷口宏充 (2007) 十和田火山後カルデラ期新郷軽石噴火にみるサブプリニアン噴火の噴火推移. 東北アジア研究, no. 11, 159-172.
- 町田 洋・新井房夫・森脇 広 (1981) 日本海を渡ってきたテフラ. 科学, **51**, 562-569.
- 松井 健・高橋 一・中馬教允・足利圭一 (1969) 青森県三本木原付近の現世火山灰層の噴出年代—日本の第四紀層の¹⁴C年代 (50)—. 地球科学, **24**, 264-266.
- NEDO (新エネルギー総合開発機構) (1986) 昭和 60 年度全国地熱資源総合調査 (第 2 次) 火山性熱水対流系地域タイプ③ (八甲田地域) 調査. 火山岩分布年代調査報告書要旨, 84p.
- 大池昭二・庄司貞雄 (1974) 十和田 b 降下火山灰の¹⁴C年代—日本の第四紀層の¹⁴C年代 (96)—. 地球科学, **28**, 99-100.
- 大池昭二・高橋 一 (1970) 南部浮石の¹⁴C年代—日本の第四紀層の¹⁴C年代 II (62)—. 地球科学, **24**, 232-233.
- Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Bertrand, C.J.H., Blackwell, P.G., Buck, C.E., Burr, G.S., Cutler, K.B., Damon, P.E., Edwards, R.L., Fairbanks, R.G., Friedrich, M., Guilderson, T.P., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, F.G., Manning, S.W., Ramsey, C.B., Reimer, R.W., Remmele, S., Southon, J.R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F.W., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer, C.E. (2004) IntCal 04 terrestrial radiocarbon age calibration, 26-0 ka BP. *Radiocarbon*, **46**, 1029-1058.
- Stuiver, M. and Polach, H.A. (1977) Discussion: reporting of ¹⁴C data. *Radiocarbon*, **19**, 355-363.
- Stuiver, M. and Reimer, P.J. (1993) Extended ¹⁴C data base and revised CALIB 3.0 ¹⁴C age calibration program. *Radiocarbon*, **35**, 215-230.
- 田高昭二 (1976) 八甲田山における晩水期以降の林相の垂直分析とその地史的遷移について. 青森県生物学会誌, no. 15, 14-19.

(編集担当 及川輝樹)