

54. 第四紀テフラの U-Th-Pb 年代測定 (その 2)

U-Th-Pb dating for Quaternary tephra (part 2)

○伊藤久敏 (電力中央研究所)

Hisatoshi Ito (CRIEPI)

1. はじめに

第四紀テフラ (特に広域テフラ) の噴出年代は、火山活動の履歴評価に有用であるだけでなく、断層の活動性評価においても重要であり、放射性廃棄物処分を行う上でも、高精度な第四紀テフラの年代測定のニーズは高い。第四紀テフラの噴出物を対象とした年代測定法としては、ジルコンのフィッション・トラック (FT) 法や石英の熱ルミネッセンス (TL) 法が主流であるが、これらの年代値誤差は、通常、 1σ の誤差で 10% を超えている。著者は、近年の機器開発のお陰で、ジルコンの U-Th-Pb 法により 10 万年より古いテフラの場合、誤差 10% 以内で年代決定が可能であること、データを蓄積しつつある。本発表では、レーザー溶融誘導結合プラズマ質量分析計 (LA-ICP-MS) を用いたテフラの U-Th-Pb 年代測定結果を報告し、その有用性を議論する。昨年度は、約 10 万年前に噴出したとされる洞爺テフラの予察的な年代測定結果を報告した¹⁾が、今回、その後の進展により、より高精度な年代測定が可能になったこと等を報告する。

2. U-Th-Pb 年代測定

ここで述べる U-Th-Pb 年代測定とは、 ^{238}U の放射壊変により ^{206}Pb が生じる現象を利用した年代測定法 (U-Pb 法) と、この放射壊変の途中で生じる ^{230}Th を利用した年代測定法 (U-Th 法) の両方を指している。U-Pb 法は、半減期が約 45 億年であるため、従来、地球の誕生 (約 45 億年前) 等の古い地質時代を対象とした年代測定に用いられてきた。しかしながら、最近では 10 万年前程度の年代測定例^{2), 3)}が報告されており、U-Pb 法で第四紀の年代測定が可能な時代が到来していると言える。

U-Th 法は、 ^{230}Th の半減期が約 7 万 5 千年であることから、40 万年前よりも若い試料を対象とした年代測定法である。日本の第四紀の広域テフラを対象とした U-Th 年代測定例は、大村ほか (1988)⁴⁾ によるいくつかの測定 (大山倉吉軽石、阿蘇-4 火砕流、御岳第一軽石、立山 D 軽石など) を代表例として挙げることができる以外、極めて少ない。

3. 年代測定実験

以下では、約 10 万年前 (0.1 Ma) に噴出したとされる洞爺テフラ⁵⁾のジルコンを対象に U-Th-Pb 年代測定を実施した例を紹介する。

洞爺テフラの採取地は日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会編 (1996)⁶⁾ に記載のある村界沢と館山であり、ジルコンは軽石質火砕流堆積物を対象に、通常の鉱物分離手段を経て採取した。

ジルコンをテフロンシートに埋め込み、表面を軽く研磨したものを実験に供した。年代測定の標準試料として、FT 法の標準試料でもある Fish Canyon Tuff を用いた。

U-Th-Pb 年代測定は、電中研の所有する LA-ICP-MS 装置を用い、実施した。レーザー溶融 (LA: Laser Ablation) には、波長 213nm の Nd-YAG レーザー (New Wave Research UP-213) を、ICP-MS には二重収束型質量分析計 (Thermo Fisher Scientific ELEMENT XR) を用いた。実験条件として、He ガス雰囲気、10 Hz、40 μm 径 (もしくは 65 μm 径) のレーザーをジルコンに照射した。測定した同位体は、 ^{202}Hg , ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{238}U である。すなわち、 ^{206}Pb , ^{230}Th , ^{238}U を同時に測定することで、U-Pb 年代と U-Th 年代が同時に得られる設定とした。

なお、U-Pb 年代測定では、第四紀テフラのような若い試料では鉛の汚染 (common Pb contamination) の影響を強く受ける。今回、U-Pb 年代値を求めるにあたり、鉛汚染の補正を行うとともに、ジルコンがマグマから晶出する際に生じる U と Th の放射非平衡 (initial ^{230}Th disequilibrium) の補正も実施した。

4. 年代測定結果

U-Pb 年代測定結果

洞爺テフラから得たジルコン約 60 粒を対象に U-Th-Pb 年代測定を行ったところ、42 粒から有用な U-Pb 年代値が得られた (図-1a)。このうち、18 粒は 1 Ma よりも若く、他は 2~30 Ma を示した。後者は異質ジルコンであり、洞爺テフラの噴出・堆積過程時に、周囲の古いジルコンが取り込まれたものと判断される。これらの年代 (2~30 Ma) は、北海道南部のいわゆるグリーンタフの火山活動を反映していると考えられるため、それなりに意味のある年代である。

1 Ma より若い年代を示すジルコンは約 0.1 Ma にピークをもつ年代値分布を示した (図-1b)。また、個々の粒子年代の (誤差の) 加重平均年代として 0.106 ± 0.013 Ma (誤差: 95% confidence level) が得られた。

U-Th 年代測定結果

U-Pb 年代測定で 1 Ma よりも若い年代が得られた 18 個のジルコンを対象に、U-Th 年代値を計算した (図-2)。その結果、U-Th 年代として 108 ± 16 ka, すなわち 0.108 ± 0.016 Ma (2σ 誤差) が得られた。

5. 考察とまとめ

洞爺テフラの U-Th-Pb 年代を求めたところ、U-Pb 年代で 0.106 ± 0.013 Ma が、U-Th 年代で 0.108 ± 0.016 Ma が得られた。これらは、 1σ 誤差では 10% 以内の精度であるとともに、 1σ 誤差の範囲で一致しており、TL 年代⁵⁾ や層序等から推定される年代とも一致している。すなわち、今回用いた手法により、ジルコンの U-Th-Pb 法により約 10 万年前の年代測定が可能であることが分かった。

今回用いた手法は、次の点で特筆すべきと考えられる。

- 1) ジルコンの U-Pb 法では、鉛汚染や放射非平衡の影響を考慮する必要があるが、LA-ICP-MS により、約 10 万年前という若い年代測定が可能である。
- 2) ^{206}Pb , ^{230}Th , ^{238}U を同時に測定することで、U-Pb 年代と U-Th 年代が同時に得られるとともに、年代値のクロスチェックが可能である。

今回、洞爺テフラについては、ジルコンの U-Th-Pb 年代と噴出年代が一致することが分かった。しかしながら、本来、ジルコンの U-Th-Pb 年代は、ジルコンがマグマから晶出する年代を示し、噴出年代と一致するかそれよりも古い年代を示すことが期待される。従って、洞爺テフラを噴出したマグマは、生成後直ぐに噴出に至ったことが推定される。このように、ジルコンの U-Th-Pb 法は、マグマの生成から噴出に至る過程を解明する上でも有用な情報を提供する。

第四紀テフラを対象としたジルコンの U-Th-Pb 年代測定法は、テフラの噴出年代とマグマの発達過程に関する情報を提供可能であり、今後は、両方の貢献を視野にさらなる検討を進める予定である。

文献

- 1) 伊藤久敏, 2013, 第四紀テフラの U-Th-Pb 年代測定. 日本応用地質学会平成 25 年度研究発表会講演論文集, 61-62.
- 2) Bacon, C.R., Persing, H.M., Wooden, J.L., and Ireland, T.R., 2000, Late Pleistocene granodiorite beneath Crater Lake caldera, Oregon, dated by ion microprobe. *Geology*, 28, 467-470.
- 3) Sano, Y., Tsutsumi, Y., Terada, K. and Kaneoka, I., 2002, Ion microprobe U-Pb dating of Quaternary zircon: implication for magma cooling and residence time. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, 117, 285-296.
- 4) 大村明雄, 河合貞行, 玉生志郎, 1988, ^{238}U - ^{230}Th 放射非平衡系による火山噴出物の年代測定. 地質調

査所月報, 39, 559-572.

- 5) Ganzawa, Y. and Ike, M., 2011, SAR-RTL dating of single grains of volcanic quartz from the late Pleistocene Toya caldera. *Quaternary Geochronology*, 6, 42-49.
- 6) 日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会編, 1996, 第四紀露頭集—日本のテフラ. 日本第四紀学会, 352p.

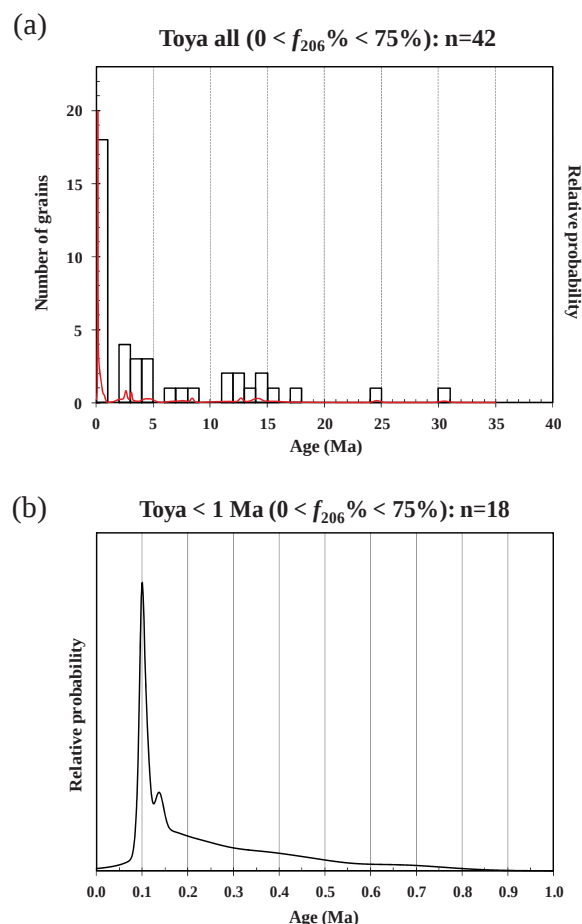


図-1. 洞爺テフラの U-Pb 年代測定結果.

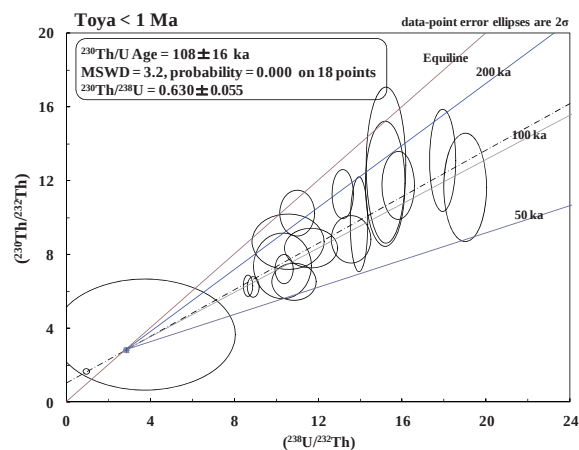


図-2. 洞爺テフラの U-Th 放射能比と年代測定結果.