

17. 第四紀テフラの U-Th-Pb 年代測定 (その 3)

U-Th-Pb dating for Quaternary tephra (part 3)

○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。本発表では、レーザーアブレーション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年代測定結果を報告し、U-Pb 法と U-Th 法による同時年代測定が可能であることを示した^{1,2)}。

今回、洞爺テフラと同様に約 10 万年前に噴出したとされる鬼界-葛原テフラ (K-Tz) が分布する屋久島にて、K-Tz とその下位の 2 つのテフラ (小瀬田火砕流 (Ksd)、安房テフラ (Anbo)) を採取し、U-Th-Pb 年代測定を行った結果、K-Tz を噴出した鬼界カルデラのマグマ活動履歴 (特に破局噴火の歴史) について新たな知見が得られ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、主に地球の誕生 (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が、近年、10 万年前程度の若い試料 (ジルコン) の年代測定例が報告されつつある^{2,3)}。

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

屋久島で採取した 3 枚のテフラからジルコンを抽出し、テフロンシートに埋め込みを行った後、一部の試料は研磨しない状態で、他は研磨した状態で U-Th-Pb 年代測定を行った。

U-Th-Pb 年代測定には、電中研の所有する

LA-ICP-MS 装置を用い、レーザーアブレーションには波長 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 30 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

図-1 に今回得られた U-Pb 年代測定結果を示す。

Anbo からは 40 粒のジルコンの U-Pb 年代を求めたが、そのうち 16 粒から 2 Ma 以下の年代が得られた (図-1a)。これらの加重平均年代として $0.96 \pm 0.17 \text{ Ma}$ (誤差は 95% confidence level でほぼ 2σ に相当。以下同様) が得られた。

Ksd からは 29 粒のジルコンの U-Pb 年代を求めたが、そのうち 20 粒から 2 Ma 以下の年代が得られた (図-1b)。これらの加重平均年代として、1 個を除いた値として、 $0.63 \pm 0.04 \text{ Ma}$ が得られた。

K-Tz からは 66 粒のジルコンの U-Pb 年代を求めたが、そのうち 33 粒から 2 Ma 以下の年代が得られた (図-1c)。これらの加重平均年代として $0.17 \pm 0.05 \text{ Ma}$ が得られた。

U-Th 年代測定結果

U-Pb 年代測定で 2 Ma よりも若い年代が得られたジルコンを対象に、U-Th 年代値を計算した。その結果、3 試料とも ^{230}Th が放射平衡に達している (すなわち 0.4 Ma よりも古い) という結果が得られた。

5. 考察とまとめ

今回、U-Th 法では精度の高い年代値が得られなかったため、以下では U-Pb 法による年代測定結果を用い

た考察を行う。

Anbo については、火山ガラスのフィッション・トラック (FT) 年代測定により、 0.78 ± 0.18 Ma (2σ) が報告されており⁵⁾、今回の結果と誤差の範囲で一致している。

Ksd については、火山ガラスの FT 法で 0.58 ± 0.16 Ma (2σ) が得られているが⁵⁾、今回の結果 (0.63 ± 0.04 Ma) はより精度が高く、良好な結果が得られたと考えられる。

K-Tz については、噴出年代 (95 ka) よりも約 7 万年古い年代 (0.17 ± 0.05 Ma) が得られた。K-Tz の個々のジルコン年代を見ると、最も若い年代は、 0.07 ± 0.05 Ma (2σ) であり、噴出年代と一致する。従って、K-Tz の加重平均年代は K-Tz が噴出する前に長い期間を掛けてジルコンが晶出したこと、すなわちマグマの活動期間が長かったことを示すと考えられる。

K-Tz のジルコンには、約 1 Ma のジルコンと約 0.6 Ma のジルコンが含まれている。これらはそれぞれ、Anbo と Ksd 起源のジルコンであると考えられる。もしそうであるならば、鬼界カルデラは、K-Tz を噴出した破局噴火の前に、約 1 Ma に Ando を、約 0.6 Ma に Ksd を噴出した破局噴火を経験したカルデラであると言える。

今回、K-Tz の U-Th 年代については約 0.1 Ma を示す年代値が得られなかったが、U-Pb 年代は既存の結果とも整合する信頼性の高い年代が得られた。また、U-Th-Pb 法はジルコンの単粒子年代測定が可能であることから、K-Tz のジルコンから Anbo と Ksd 起源と考えられるジルコンを識別でき、そのことから、鬼界カルデラの噴火史に新たな解釈を付け加えることができた。今後も日本の他の第四紀テフラに本手法を適用し、その有用性を検証していく予定である。

文献

- 1) 伊藤久敏 (2014): 第四紀テフラの U-Th-Pb 年代測定 (その 2). 日本応用地質学会平成 26 年度研究発表会講演論文集, pp.107-108.
- 2) Ito, H. (2014): Zircon U-Th-Pb dating using LA-ICP-MS: Simultaneous U-Pb and U-Th dating on the 0.1 Ma Toya Tephra, Japan. J. Volcanol. Geotherm. Res., Vol.289, pp.210-223.
- 3) Guillong, M., von Quadt, A., Sakata, S., Peytcheva, I., Bachmann, O. (2014): LA-ICP-MS Pb-U dating of young zircons from the Kos-Nisyros volcanic centre, SE Aegean arc. J. Anal. At. Spectrom., Vol.29, pp.963-970.
- 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, Vol.39, pp.559-572.
- 5) Moriwaki, H., Westgate, J.A., Sandhu, A.S., Preece, S.J., Arai, F. (2008): New glass fission-track ages of

Middle Pleistocene tephra on Yakushima Island, southern Japan. Quat. International, Vol.178, pp.128-137.

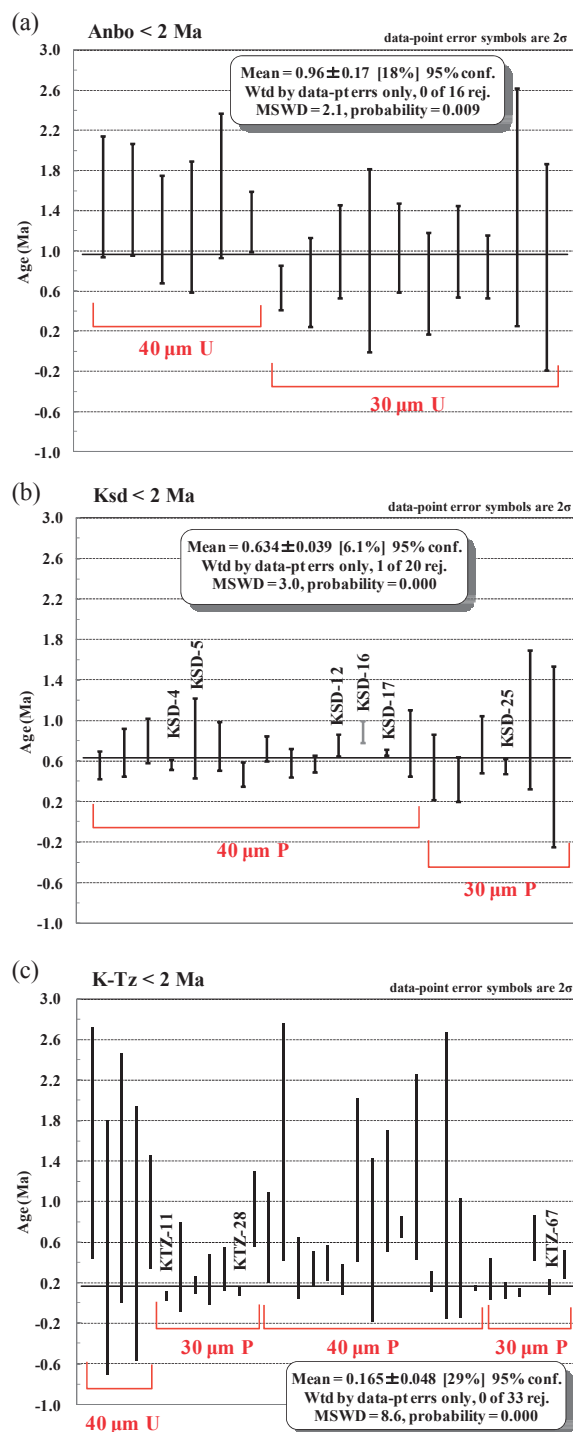


図-1. 屋久島のテフラの U-Pb 年代測定結果。

図中の 40 μm U はレーザー径 40 μm で未研磨 (Unpolished) ジルコンを使用したことを意味する。P は研磨 (Polished) ジルコン。ウラン含有量が 1000 ppm 以上のジルコンについては、試料名を年代値の横に付した。