

フッ酸およびアルカリエッチングのジルコンU-Pb年代測定への影響 岩野英樹*・折橋裕二**・檀原 徹*・平田岳史***

Influence of leaching with hydrofluoric acid and alkali-etching on zircon U-Pb dating

Hideki Iwano*, Yuji Orihashi**, Tohru Danhara* and Takefumi Hirata***

* 株式会社京都フィッション・トラック Kyoto Fission-Track Co., Ltd.

** 東京大学地震研究所 Earthquake Research Institute, University of Tokyo

*** 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻 Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

背景

近年、フィッション・トラック (FT) 年代測定において必要不可欠なウラン濃度測定工程を、レーザーアブレーションICP質量分析法 (LA-ICP-MS) で行う方法論が広がっている (Hasebe et al., 2004, 2009). さらに、LA-ICP-MSの導入で微量元素の同時分析が可能となり、FT年代とU-Pb年代を同一粒子から測定する研究も始まった (伊藤ほか, 2010). しかし、FT分析に供されたジルコンは分離工程や分析工程で、フッ酸やアルカリ溶液を用いた化学処理が施されている。例えば著者らは、ジルコン分離工程の最後に、ジルコン表面についた汚れや岩片などを除去するため、47%フッ酸液中 (室温) で一晩洗浄する。また、ジルコン表面のFTを腐蝕拡大 (エッチング) するため、KOH+NaOH共融液 (225°C) に10~60時間浸ける。これらの工程は果たしてU-Pb分析に影響はないのだろうか？

本研究では、ジルコン分離・純化工程で施されるフッ酸液による洗浄処理がU-Pb年代分析に影響を与えるかどうか検証実験を行った。ジルコンFT年代測定でもつばら用いられるアルカリ共融液によるトラックエッチングの影響も検討した。

試料と実験方法

実験には3試料を用いた。1つはU-Pb年代測定の国際標準試料である米国のAS3 (U-Pb年代は 1099.0 ± 1.4 Ma: Paces and Miller, 1993), 1つはFT年代測定の準年代標準試料である豪州のLake Mountain Rhyodacite (LMRと略, U-Pb年代は 362 ± 7 Ma: Hirata and Nesbitt, 1995), もう1つは国内のU-Pb標準試料候補と考えている川本花崗閃緑岩三原岩体 (U-Pb年代は約33Ma: 岩野・檀原, 2010) のジルコンである。

まずジルコンをテフロンシートに埋め込み、そ

の後ダイヤモンドペーストで研磨した。各試料2マウントずつ作成し、ひとつはそのまま未処理試料とし、もうひとつは市販の47%フッ酸液 (室温) に20時間浸した。また、3試料のうち川本花崗閃緑岩ジルコンのみ、エッチング処理 (前述のアルカリ溶液で20時間) したマウントも用意した。

各ジルコンマウント試料について、LA-ICP-MSによりU-Pb同位体組成分析を行った。分析は東京大学地震研究所のICP-MS (VG Plasma Quad 3) を用い、試料導入には波長213nmのNd-YAGレーザーシステム (New Wave Research UP-213) を用いた。分析方法の詳細はOrihashi et al. (2008) による。

結果とまとめ

フッ酸処理後のジルコンの様子を図1に示す。約10億年前の年代をもつAS3試料のジルコンでは、いくつかの粒子で、鏡面仕上げされた研磨内部面がフッ酸処理後にひび割れたような内部構造をもつような変化が見られた。約3.7億年前のLMR試料では、処理後に累帯構造が顕著にみえるように変化した粒子があった。これらに対し、川本花崗閃緑岩のジルコンには全く結晶の変化 (脆弱化) は見られなかった。

AS3のU-Pb年代測定結果を図2に示す。AS3ではU-Pb年代の分散が激しく、一部は明瞭なPb addition (もしくはU loss?) のトレンドを示した。コンコーディアから外れるデータは脆弱化部分から得られたものであり、変化が見られない部分でのU-Pb年代は概ね未処理のものと同じであった。

LMRのU-Pb年代は、AS3ほどフッ酸処理の影響を受けなかったが、若干分散が大きく、また不明瞭ながらAS3で見られたPb additionのトレ

ンドがみられた。

川本花崗閃緑岩の場合、フッ酸処理前後でのU-Pb年代にほとんど影響がみられず、これはみかけの様子（脆弱化がないこと）とも調和的であった。さらに、エッチングした結晶のU-Pb年代も、自発FT密度の大小に関わらず（図3）、未処理試料の値と一致し、コンコーディア年代が得られた（図4）。

以上の結果から、FT年代が得られる程度のトラック密度(最大 2×10^7 t/cm²)の範囲では、フッ酸処理およびアルカリエッチングはU-Pb年代にほとんど影響を与えないが、4~10億年の年代をもつ、FT密度が過度の試料では、フッ酸処理によりPb lossもしくはPb addition両方の効果が生じる可能性が高く、U-Pb年代測定には適さない。Utsunomiya et al. (2004)は4.4~3.1Gaのジルコンを用いて、アモルファスな領域(=FT)に鉛が濃集していると報告していることから、FTが超高密度のメタミクトしたジル

コンのU-Pb年代測定では、不注意な化学処理を避けるべきであろう。

文献

- Hasebe et al.(2004) Chem. Geol., 207, 135-145.
 Hasebe et al.(2009) Geol. Soc. London, Special Publication, 324, 37-46.
 Hirata & Nesbitt (1995) GCA, 59, 2491-2500.
 伊藤ほか(2010) 地質学雑誌, 116, 544-551.
 岩野・檀原(2010) FTニュースレター, no.23, 40-41.
 Orihashi et al.(2008)Resource Geol.,58, 101-123.
 Paces and Miller (1993) J.Geophys. Res., 98, 13,997-14,013.
 Utsunomiya et al. (2004) GCA, 68, 4679-4686.

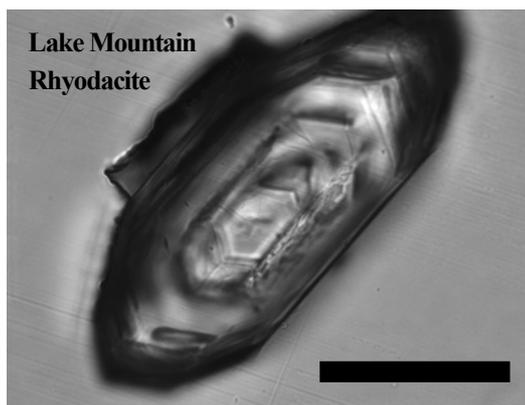
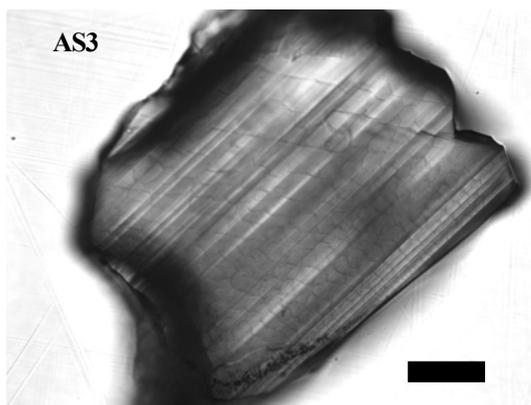


図1. フッ酸処理後のAS3ジルコン(左)とLake Mountain Rhyodaciteジルコン(右)の顕微鏡写真。古いジルコンの中にはフッ酸処理で脆弱化が進み、ひび割れるものや、累帯構造が顕著に見えてくるものがある。スケールは50μm。

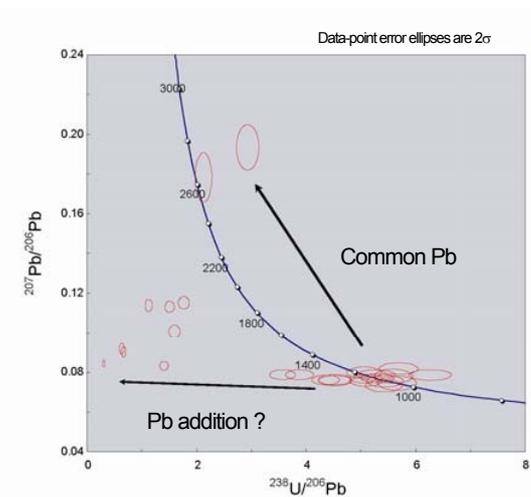


図2. フッ酸処理したAS3ジルコンのTera-Wasserburgコンコーディアプロット。フッ酸処理によってU-Pb年代の分散が大きくなり、Common Pbの影響を示すトレンドと、Pb additionの顕著なトレンドが現れた。

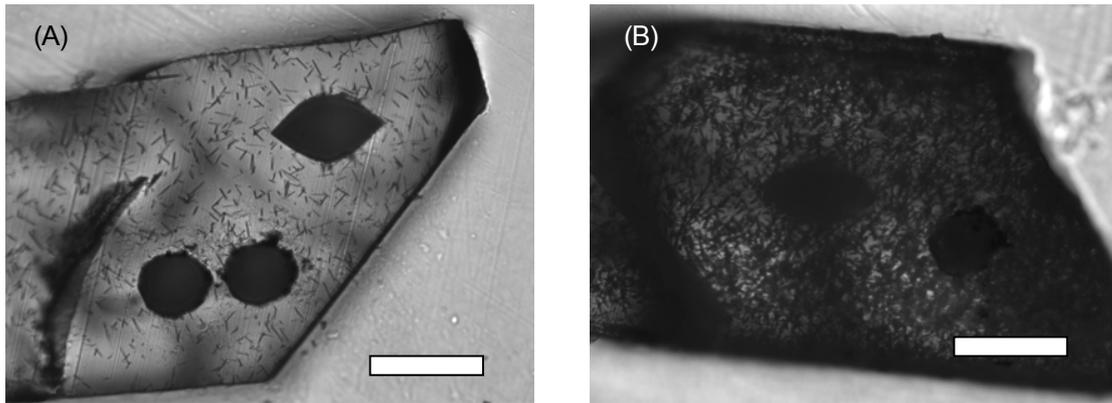


図3. エッチング処理後の川本花崗閃緑岩のジルコン. (A)比較的低いFT密度の結晶と (B) 計数限界を超える高密度の結晶. ソロバン珠状のエッチピットはエッチング前に照射したクレーターで、円形はエッチング後のもの. エッチング前後でU-Pb年代は変化しないことを確かめた. スケールは50 μm .

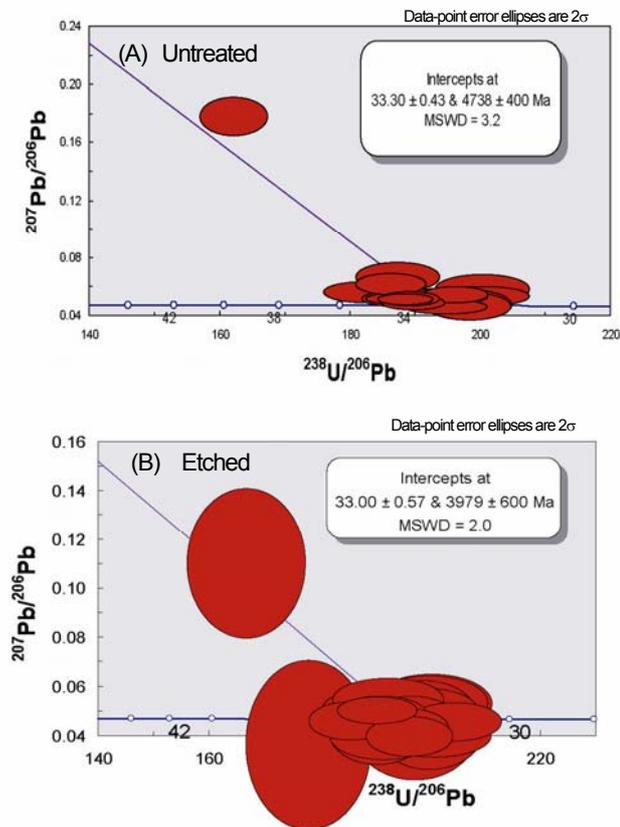


図4. 川本花崗閃緑岩ジルコンのTera-Wasserburgコンコーディアプロット. エッチング処理前(A)と後(B)で、基本的にほとんどの粒子データは集中しコンコーディア年代を示す. 外れたデータは、結晶内部のメルトインクルージョンが照射範囲に含まれ、Common Pbの影響を受けたもの.