

年代測定に用いる重鋳物の分離手順 —特にジルコンU-Pb年代測定について—

長田充弘・久保見 幸

Key Words ジルコン (Zircon)、ジルコン分離 (Zircon separation)、
白亜紀 (Cretaceous)、花崗閃緑岩 (Granodiorite)、奥尻島 (Okushiri Island)

1 はじめに

地質学・岩石学などの分野において、岩石や地層の形成年代を推定・制約することは重要である。そのためには、堆積岩の中から示準化石を発見することが一般的であるが、火成岩や変成岩には適用できない。そのような場合でも有用であるのが、鋳物を用いた年代測定（例えば、K-Ar年代、Ar-Ar年代、およびU-Pb年代測定）である。年代測定においては、それぞれの目的にあった鋳物を適切に分離することが必要である。例えば、K-Ar (Ar-Ar) 年代では黒雲母、白雲母、角閃石、および斜長石、Ar-Ar年代では白雲母、U-Pb年代では、ジルコン、チタナイト（くさび石、スフェーン）、モナザイト、アパタイト、バデレアイトを主に使用して、年代測定を行うことが一般的である。

岩石中に含まれるジルコン ($ZrSiO_4$) は、ウラン (U) を多く含み、初生鉛 (common Pb) の存在度が非常に低い副成分鋳物であり、火成岩、堆積岩、および変成岩に普遍的に含まれる（例えば、Hoskin and Schaltegger 2003）。また、ジルコンは物理的・化学的安定性が高く、かつ閉鎖温度が約900°CでU-Pb同位体系を保持するため（Cherniak and Watson 2001）、後天的な熱的影響に強い。このような特徴を持つことから、ジルコンU-Pb年代測定は、堆積岩層の堆積年代や火成岩類の形成年代を制約するための非常に強力なツールとされており（例えば、長田ほか 2025）、現在、多くの研究者が使用している。

著者らは、これまでに岩石中に含まれるジルコンを抽出し、レーザーと接続させた質量分析装置 (LA-ICPMS) でジルコン粒子のウラン (U) と鉛 (Pb) の同位体比を測定し、U-Pb年代を算出することで、堆積岩層の堆積年代や火成岩類の形成年代を制約する研究を行ってきた（例えば、Nagata et al. 2018, 2019；長田ほか 2020, 2021；長田・大藤 2020, 2021；Kubomi et al.

2023；長田ほか 2025；久保見ほか 2025など）。筆者らの研究に限らず、ジルコンを用いたU-Pb年代測定に関する論文は、今日一般的となりつつある。しかしながら、ジルコンの年代測定に関する論文において、岩石からジルコンを分離する過程やマウントを作成する過程などについては、本文中に詳細に記載されていないことが多いという問題点があった。手順マニュアルとして分離手法がまとめられている例は、水簸と椀掛けのみでジルコンを分離する方法（富田・唐木田 1956）、岩石中から重液分離を使用しないジルコンの迅速分離の手法（北野ほか 2014）や砕屑性ジルコンU-Pb年代測定において、人為的なバイアスを最小限に抑えて、ジルコンを抽出・マウントする手法（Kawaguchi et al. 2026 in press）などが挙げられる。そこで、本研究ノートでは、火成ジルコンを多く含む深成岩類を対象として、北海道奥尻島の花崗閃緑岩を例に、筆者らがこれまでに培ってきたジルコン分離・マウント方法のノウハウやその手順の詳細を報告する。なお、以下で行う手法は、主にジルコンを分離するための手法であるが、同様な手法もしくは一部を応用することで、ジルコン以外の年代測定可能な鋳物（例えば、バデレアイト、アパタイト、モナザイトなど）も可能であるため、それらについても付記する。

2 ジルコン分離の手順

岩石試料からジルコンを分離する際の手順について、2-1：試料採取～2-11：面出しまでの11過程に沿って記載する。なお、ジルコン分離で使用する主な実験器具は、図1の通りである。

2-1：試料採取

露頭面の詳細な観察および地質柱状図の作成から採取層準などをきちんと把握した上で、変質や風化をな

るべく受けていない新鮮な岩石試料を採取する（図2a, b）。岩石試料の大きさは握りこぶし大ぐらいで、特に砕屑岩の場合は、縦28 cm×横27 cm×幅15 cmのジップロックがいっぱいになるまで採取する。



図1 ジルコン分離で使用する主な実験器具

2-2：洗浄・乾燥

試料を室内に持ち帰った後、土壌中にもジルコンが含まれる可能性があるため、岩石表面をたわしや歯ブラシなどで磨き、流水で洗浄し、新聞紙やキムタオルの上で1日以上、自然乾燥させる（図3）。以下の作業における乾燥も同様であるが、年代測定手法によって、閉鎖温度も異なるため、注意が必要である（そのため、本報告では、自然乾燥としている）。近年では、閉鎖温度がかなり低い年代測定手法も確立されており（例えば、アパ

タイトフィッション・トラック法では約90–120 °C、モナザイトフィッション・トラック法では約25–50 °C、ジルコン（U-Th）/He法では約160–200 °C、アパタイト（U-Th）/He法では約50–80 °C）、それらの手法に応じて、乾燥にまで気を配る必要がある。例えば、モナザイトU-Pb年代測定を行う場合、試料や残渣乾燥時に高温乾燥機などに入れても構わないが、設定温度によっては、それらの分離によって得られたモナザイトでフィッション・トラック年代測定をしてはいけないことを意味する。

2-3：岩石の粉碎

スタンプミルやステンレス乳鉢および乳棒（図1）を用いて、小割にした岩石試料（図3）をさらに粉碎する。使用する前には予めアルコールとキムタオルで拭いておく。使用後のステンレス乳鉢および乳棒は、今後のジルコン分離におけるコンタミネーションを防ぐため、



図3 乾燥を完了させた岩石試料の例
※室内で小割にしたものを使用



図2a 地質調査・試料採取の様子

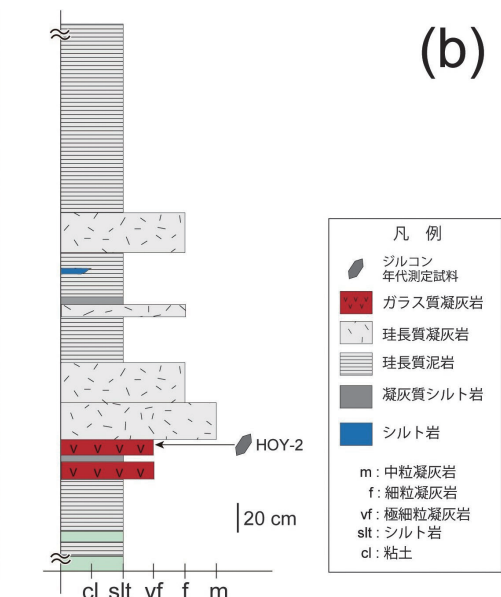


図2b 採取層準の地質柱状図の作成例（久保見ほか 2025）

洗剤できちんと洗浄し、乾燥させる。使用前後で器具を洗浄することで、コンタミネーションを防ぐ。

2-4：ふるい分け

一般的な岩石に含まれるジルコンは約20～200 μm の大きさであり（例えば、Silver and Deutsch 1963）、より大きなジルコンは数cmの大きさにまで達することもある（Corfu et al. 2003）。ジルコンよりも大きい鉱物とジルコンなど小さい鉱物を分けるために、深さ60 mm (#60) かつ目開き250 μm のメッシュの金属製のふるいをかけ、ふるいを通ったもののみを使用する（図4）。出具合によっては、メッシュサイズを大きくすることで、ジルコンの出具合が変わる場合もある。ふるいを通らなかったものは、再度ステンレス乳鉢および乳棒で粉碎し、ふるいにかける。ふるいを使用する前には予めアルコールとキムタオルで拭いておく。使用後は、ジルコンのコンタミネーションを避けるため、洗剤で隅々まできちんと洗浄し、乾燥させる。



図4a ふるい分けで使用する実験器具

図4b ふるい分けの様子

2-5：水簸

ジルコンの比重は4.6–4.7 g/cm^3 と重いため、粘土鉱物などの比重の軽い鉱物を取り除き、その後のパンニン

グを行いやすくするために水簸を行う。粉碎した試料を1 L用ビーカーにスプーン3、4杯程度（全量で50 g程度）入れ、水を入れながら、試料を攪拌させる。ジルコンなどの鉱物は、静電気によって水面に浮く場合もあるので、洗浄瓶などに入った水でビーカー中の水面にまんべんなく水をかけると、表面に浮いていた鉱物が沈む場合もある。ビーカーにある程度水を入れ、3分間程度放置する（水簸の時間を短くすると、小さな鉱物や粒子を捨てることになるため、岩石中に含まれるジルコンなどの目的鉱物が細粒である場合には、長くした方がよい）。その後、ビーカーの底に溜まっていないものは、ほとんどが粘土質のため、慎重に捨てる。攪拌後の水の混濁がある程度なくなるまで、この作業を3～5サイクル程度繰り返す（図5）。

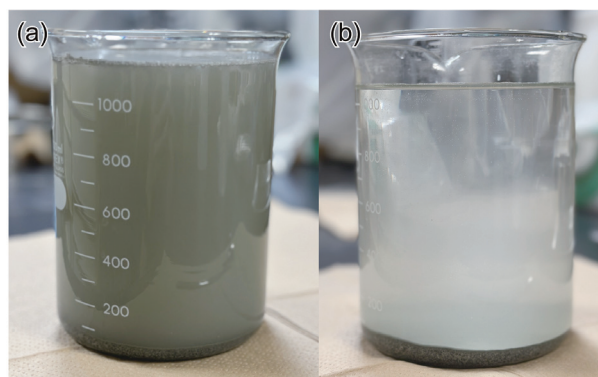


図5a 水簸1回目の様子

図5b 水簸3回目の様子

2-6：パンニング

遠心力を利用して、軽鉱物と重鉱物をより分離する作業としてパンニングを実施する。最初に青色のプラスチック桶に水を半分程度入れる。そして、パンニング皿（無ければ、時計皿）にビーカーの中にある試料をスプーン1～2杯程度入れ、パンニングを行う（図6）。以下の要領で、1) 皿に試料を入れた後、静かに皿を傾けて、水を皿の中に入れる（図6a）。2) 皿を激しく揺らして、重鉱物を下方に移動させる（軽鉱物は上方に移動する）。3) ゆっくりと皿を傾けながら回転させはじめ、徐々にスピードを上げる（この時、自身に対して、水を入れる場所と水と軽鉱物を皿から排出する場所を、自身からみて手前側もしくは奥側かを事前に決めておくとやりやすい：図6b）。これらの作業を繰り返すことで、重鉱物の純度が増す。分別済みの鉱物を、スポイトなどを使って蒸発皿に移し替え、ホットプレートで乾燥ないし自然乾燥させる。乾燥後、葉包紙で袋を作成し、その中に水分が十分になくなった鉱物を、筆を使用して入れる。

また、上記手法の簡便な方法として、お玉とバケツで代替が可能である。おたまの直径は10～15 cmで、おた

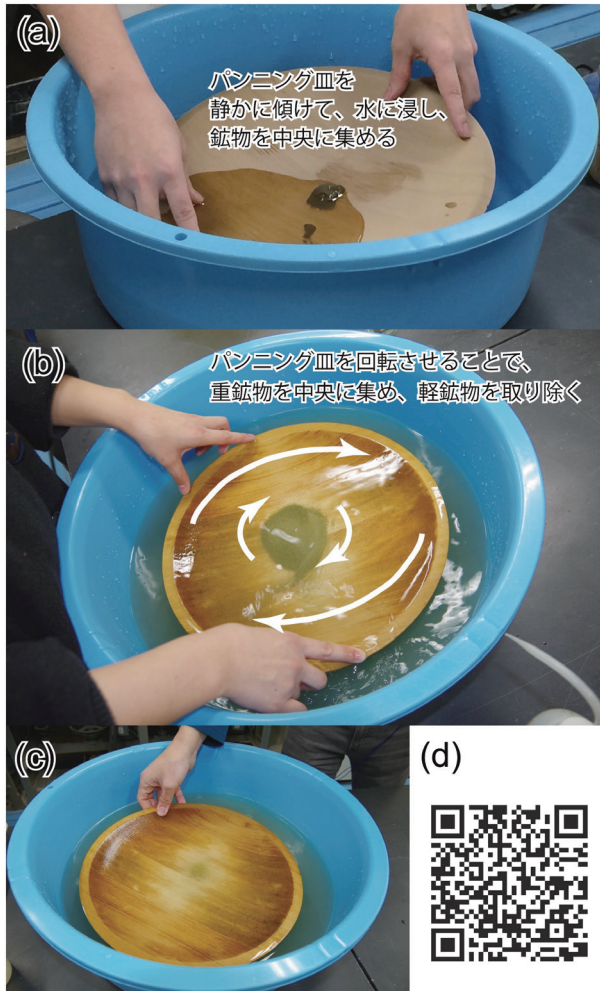


図6 パンニングの過程

まの高さ（深さ）は3 cm未満であると行いやすい。バケツは、直径約23 cmで、深さ16 cm以上であると行いやすい。バケツの約6~7割の水を入れ、上記と同様におたまを勢よく回して鉱物を分離できる。なお、パンニング皿、お玉、および時計皿を用いたパンニング過程は、図6に記載の二次元コードやURL1 (<https://www.youtube.com/channel/UCWLQdojP86n1ZlubJAPHRWg>) から動画で閲覧可能である。

2-7：磁選

ネオジム磁石を用いて、ジルコンなどの磁性を持たない鉱物と磁鉄鉱、ザクロ石、斜方輝石、単斜輝石などの磁性を持つ鉱物を分離する（図7）。ネオジム磁石は強力な磁石であり、一度に多量の試料を磁選すると、ジルコンなどの磁性を持たない鉱物なども巻き込んでしまう可能性があるため、複数回に分けて分離する（図7）。以下の要領で、1) 紙を2枚敷いて、片方の紙に鉱物を重なり合わないよう散在させる。十分に散在させないと、鉱物と鉱物が重なり、磁性鉱物にジルコンと共に非磁性鉱物を回収してしまう可能性があるため、よく気をつける。2) ネオジム磁石を使用して、もう片方の紙に磁性鉱物を移動させる（図7a）。これを何回か繰り返すことで、非磁性重鉱物としての純度が増す。また、この作業で回収した磁性鉱物の残渣について、より磁力の小さい磁石（例えば、フェライト磁石）を用いることで、モナザイトなどの鉱物も分離することができる（鈴木ほ

(a) A3の紙を2枚敷き、ネオジム磁石で磁性鉱物のみを取り除く

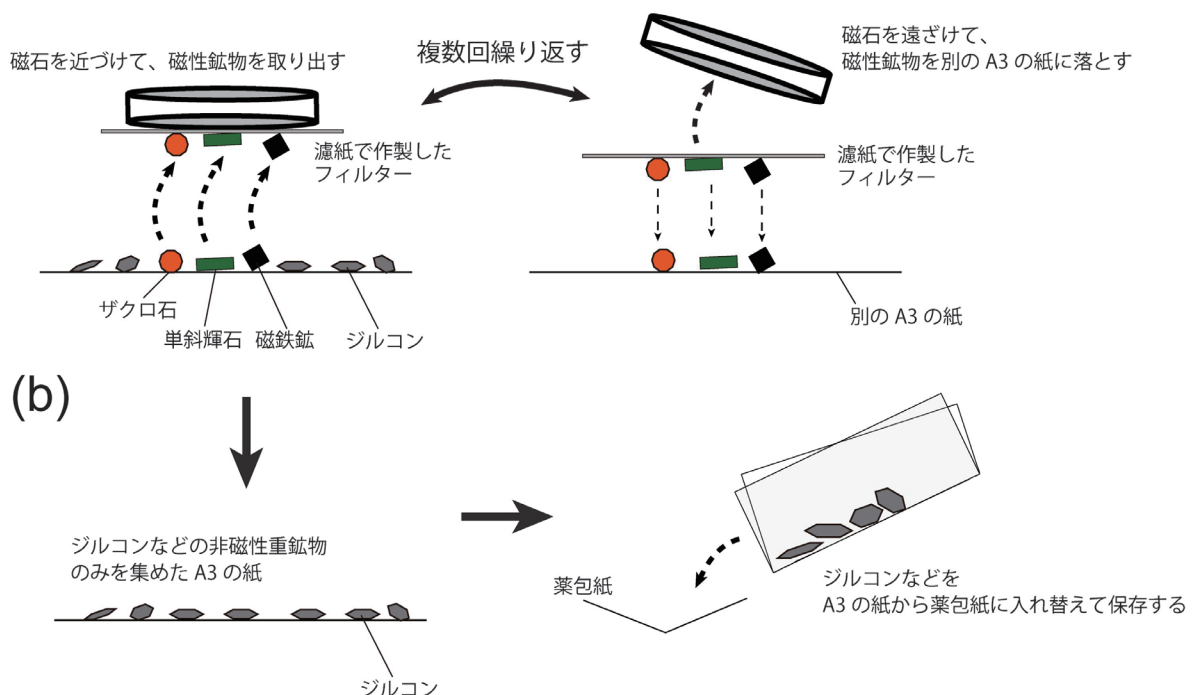


図7 磁選の過程

以下の要領で、1) 漏斗スタンドに分液漏斗をセットし、ジヨードメタンを分液漏斗に入れる。2) 2-7で採取した試料を入れて、分液漏斗を左右に振るような形で攪拌させ、ジルコンが完全に沈むのを約3分間待つ (図8a)。3) ジヨードメタン回収用の瓶に濾紙をセットした漏斗を入れ、それを分液漏斗の下の方と付くようにセットする。これはジヨードメタンを再利用するためである。その後、分液漏斗のコックを素早く開閉して、完全に沈んだ鉱物を濾す (図8b)。

4) ジヨードメタンに浮いているものおよび中間付近に滞留しているものを濾す。分液漏斗からジヨードメタンがなくなったら、ジヨードメタン・アセトン混合液の回収瓶を準備し、回収瓶を分液漏斗の下の方と付くようにセットする (図8b)。5) アセトンの入った洗瓶などを使って、分液漏斗を洗浄する (図8b)。6) アセトンでの洗浄後、アセトン・蒸留水回収瓶を準備し、回収瓶を分液漏斗の下の方と付くようにセットする (図8b)。その後、蒸留水で分液漏斗を洗浄する。

最後に、水道水で分液漏斗を軽く洗い流し、しっかりと乾燥させる。ジヨードメタンに完全に沈んだものを濾

した濾紙をホットプレートでの乾燥ないし自然乾燥した後、ジルコンなどの鉱物を回収し、葉包紙の袋に入れる。この作業の前に、ポリタングステン酸ナトリウム (SPT: 比重: 3.1 g/cm³) で上記と同様の作業を行った上で行くと、アパタイト (比重: 3.1-3.4 g/cm³) などの分離も可能である。

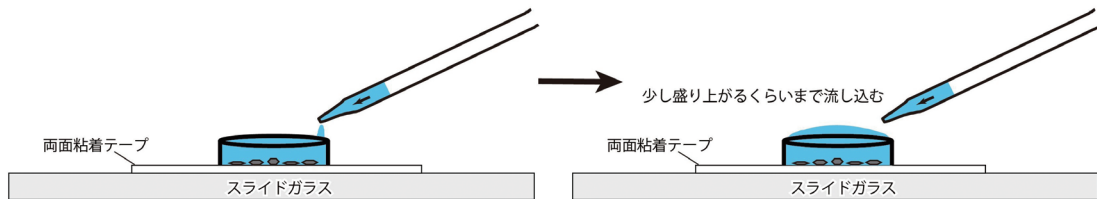
2-9: ジルコンのマウント方法の例

ジルコン年代測定をする際、筆者らが利用している ICP-MS に装着させるレーザー (例えば、Jupiter Solid Nebulizer フェムト秒レーザー (S. T. Japan Inc., Japan)) の分析試料台の大きさは、全体で9.0×5.0×1.5 cm、測定可能な場所は4.5×2.5×1.0 cmである。1サンプルをマウントする範囲として、アクリルチューブの大きさを直径1 cm×高さ3 mm程度に設定することで、複数の試料を試料台にセットすることができ、途中で試料交換することなく、測定を続けることが可能である。以下の要領で、1) スライドガラスに両面テープを貼り付け、その上にアクリルチューブを置き、チューブの外側をペンでなぞる (図9a)。2) チューブを外し、

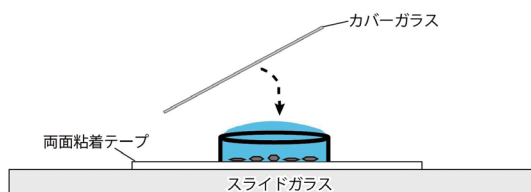
(a) 円の印に沿って、再度アクリルチューブを被せる



(b) スポイドを用いて、アクリルチューブにアクリル・ワンをゆっくりと流し込む



(c) カバーガラスをゆっくりと被せる



(d) 蛍光灯下で、2時間~2時間半置く

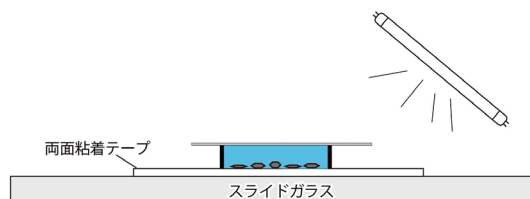


図10 樹脂固めの過程

実体顕微鏡下でその円内にジルコンを綺麗に並べていく (図9b)。並べる際には、爪楊枝ないし手芸針を使用する。爪楊枝の先端に水を付けることで、ジルコンをより取りやすくなる。

2-10：樹脂固め

アクリルチューブを再びスライドガラス上の円に沿うような形で置き (図10a)、そのチューブ内に (株) マルトー製のアクリル樹脂 (アクリル・ワン (#1320)) を、スポイドを用いて盛り上がる形まで流し込む (図10b)。注意すべき点としては、チューブの縁からゆっくりと流し込み終わったら、気泡が入らないようにする。その後、アクリルチューブの上をカバーガラスなどで覆う (図10c)。樹脂は光を当てると固まる性質を持つため、光量を最大にした実体顕微鏡下や蛍光灯の下で、2時間～2時間半程度置いておく (図10d)。場合によっては、蛍光灯と試料をアルミホイルで包み込むと、より効果的である。最後に、スポイトに付着した樹脂はエタノールで綺麗に拭き取る。

2-11：面出し

樹脂が完全に固化した後、カバーガラスとアクリルチューブをゆっくりと外す (図11a, b)。その後、ジル

コンの中心が樹脂の表面に出るように、偏光顕微鏡で確認しながら、#2400の研磨フィルムで研磨する (図11d)。その後、表面の微細なキズを消すために、#10000の研磨フィルムでさらに研磨する (図11d)。場合によっては、ダイヤモンドペーストなども用いて、さらに研磨し、ジルコンの表面を出し、仕上げとする (図11d)。

3 本手法によるジルコン分離の例

日本大学文理学部地球科学科および北海道博物館の研究室内で、北海道西部の奥尻島の花崗閃緑岩 (図3) を用いて、ジルコンの分離を試みた。その理由として、本研究の手法の有効性を確かめるのはもちろんのこと、3-2.でも記載するように、黒雲母が一部緑泥石化していることから、K-Ar年代の若返りが指摘されているため (久保 1982)、ジルコンU-Pb年代測定による岩体の形成年代を明らかにする必要がある。今後のジルコンU-Pb年代測定に向けた準備として、本岩石を採用した。

3-1：北海道奥尻島の地質概説

北海道奥尻島の先新第三紀基盤岩類は、奥尻層、藻内火山岩類から構成される (図12a；秦ほか 1982；久保

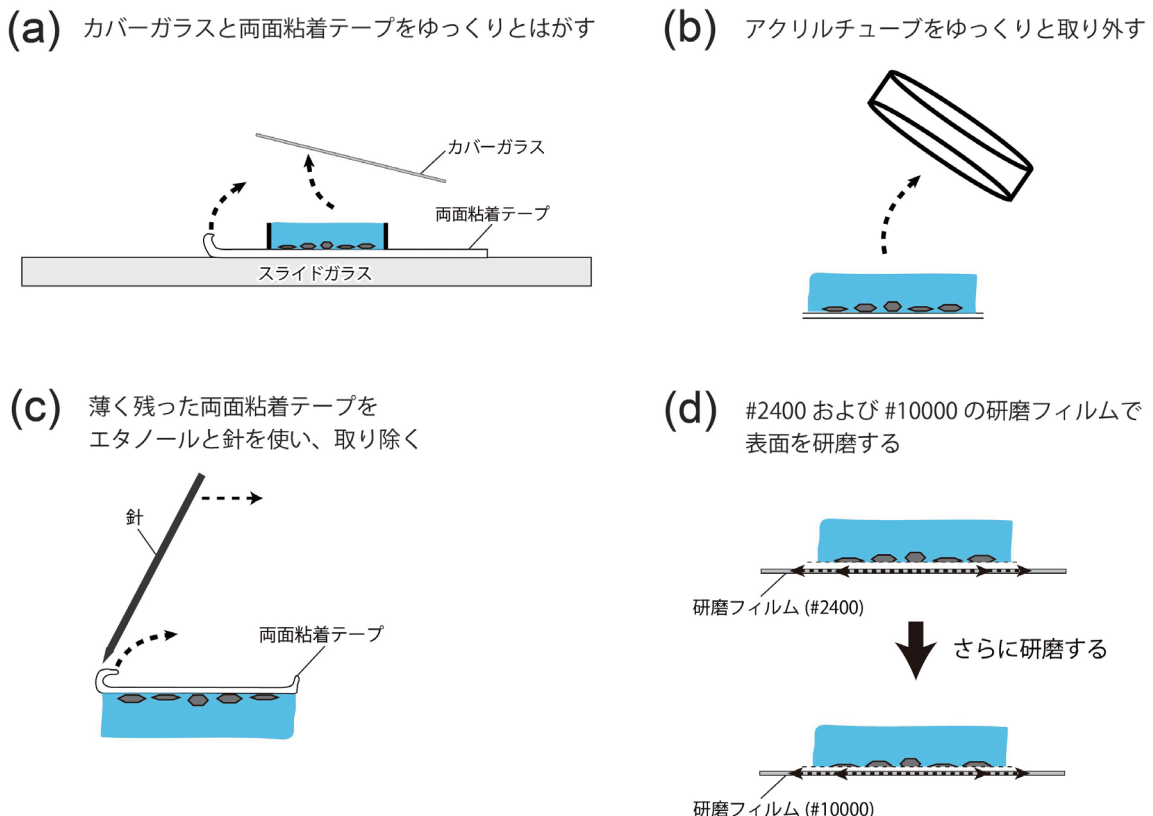


図11 面出しの過程

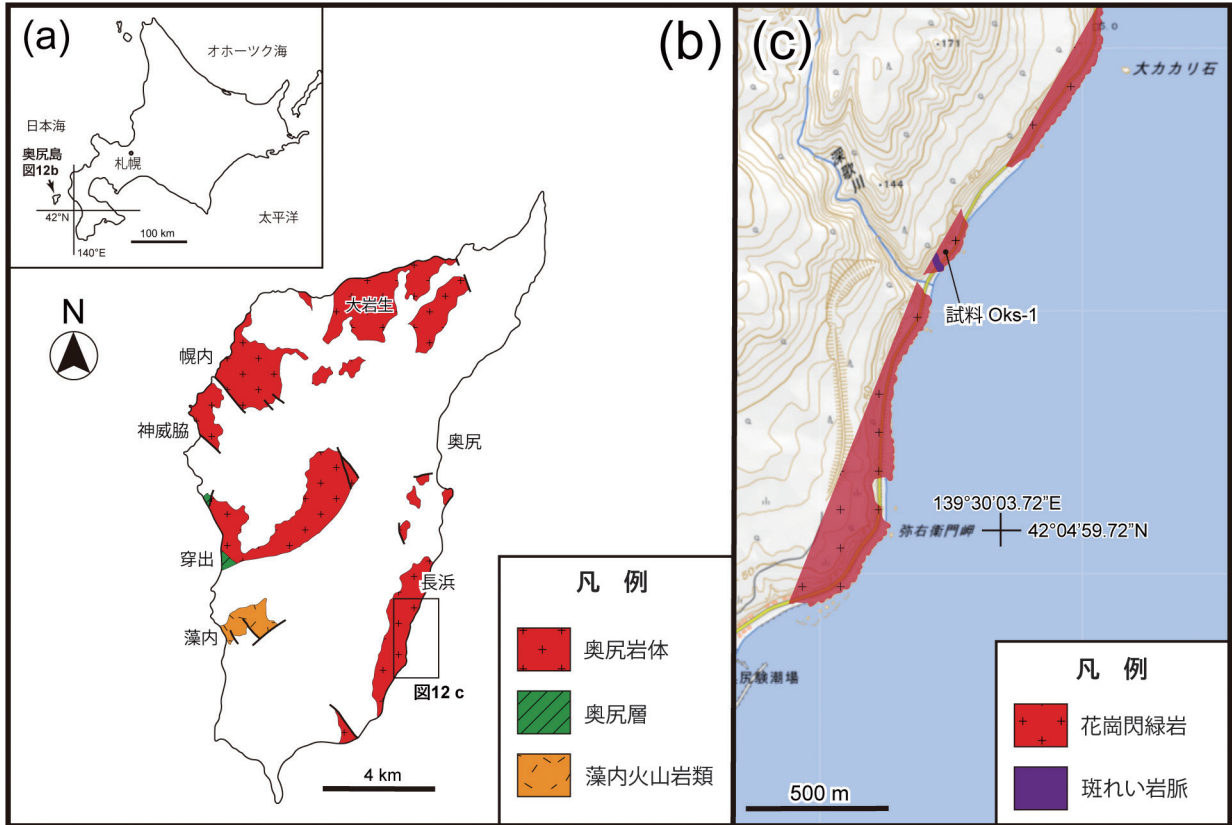


図12a 北海道の白地図 図12b 北海道奥尻島の先新第三紀基盤岩類と奥尻岩体の地質図。秦ほか（1982）および久保ほか（1982）を参考に作成。 図12c 奥尻島東岸の長浜地域の奥尻岩体の分布。地形図は[URL2]を用いた。

1982)。奥尻層は、流紋岩質凝灰岩および凝灰質泥岩からなり、主に花崗閃緑岩から構成される奥尻岩体に貫かれる。藻内火山岩類は、流紋岩質溶結凝灰岩および安山岩溶岩などからなる。藻内火山岩類からは、 101.3 ± 4.8 Ma (2σ) のRb-Sr全岩アイソクロン年代 (Shuto et al. 1992) および 102.7 ± 2.4 Ma (1σ) のジルコンのフィッシュン・トラック年代が得られている (雁沢 1987)。

奥尻岩体は、主に大岩生、長浜、穿出、および幌内の4つの地域に分布する (図12a)。この岩体は、角閃石黒雲母花崗閃緑岩を主体とし、部分的に黒雲母花崗岩、グラノファイアー、アプライトなどの岩相からなり、一部に斑れい岩の捕獲岩を伴う (久保 1982)。主体をなす花崗閃緑岩は、中粒の淡青色を呈し、自形の普通角閃石とやや桃色を帯びたカリ長石の存在が特徴的とされる (川野ほか 1993)。先行研究から得られている全岩化学組成では、穿出に分布する花崗閃緑岩からは、 95.8 ± 3.1 Ma (1σ)、 99.5 ± 3.1 Ma (1σ)、 102 ± 4 Ma (1σ) の黒雲母K-Ar年代が報告されている (柴田・山田 1978; 柴田ほか 1984)。

3-2：奥尻島から採取した花崗閃緑岩の岩石記載

奥尻島東岸の長浜地域に分布する奥尻岩体から試料

Oks-1を採取した (図12)。肉眼観察では、斜長石や石英の無色鉱物を主体とし、角閃石や黒雲母などの有色鉱物を特徴的に含む (図3)。含まれる石英や長石の粒径は約0.5 cm、角閃石の粒径は約1 cmと粗粒である。鏡下観察では、斜長石、石英、黒雲母、カリ長石、および角閃石を主成分鉱物として含む角閃石黒雲母花崗閃緑岩である。また、不透明鉱物、ジルコン、およびアパタイトを副成分鉱物として含み、変質鉱物として白雲母、緑

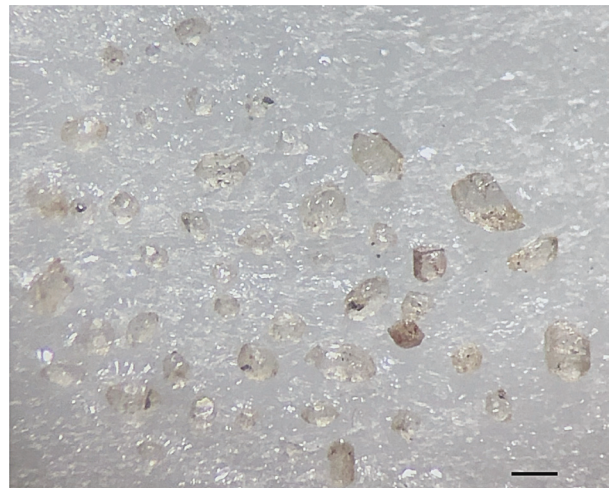


図13 奥尻島の花崗閃緑岩から分離したジルコン粒子。黒線のスケールバーは約200 μmを示す。

泥石、およびくさび石を確認した。

3-3：奥尻島の花崗閃緑岩から分離したジルコン

試料Oks-1から分離したジルコンからは50粒子以上を抽出し、ジルコン45粒子をマウントした。その理由として、花崗岩類のジルコンU-Pb年代測定では、一般的に、約10~40粒子前後のジルコン粒子を測定することが多いことから、本研究では45粒子をマウントした（例えば、Shimooka et al. 2019, 2023 ; Tsutsumi 2022 ; 長田・大藤 2021など）。ジルコン粒子の大きさは約50-250 μmであり、自形のもものが91%、他形のもものが9%であった（図13）。ジルコンの色は無色透明のもものが多く、桃色を帯びるものも一部確認した（図13）。また、ジルコンとその他の重鋇物（例えば、磁鉄鋇やアパタイトなど）を比較的綺麗に分離することができた。一方、特にジルコンとアパタイトの区別が難しい場面があり、2-8.で記述したSPTによるジルコン分離や、電子顕微鏡を使用したカソードルミネッセンス（CL）像を撮影し、ジルコン内部の累帯構造を詳細に観察することで、さらにジルコンを区別させることが可能である。今後、CL像の撮影やU-Pb年代測定を実施し、奥尻岩体の形成年代を制約していきたい。

謝 辞

本手法は、富山大学理学部地球科学科（現・都市デザイン学部地球システム科学科）の大藤 茂教授の研究室の諸先輩の方々による試行錯誤の蓄積により、代々引き継がれてきたものである。また、奥尻島の岩石試料は、北海道博物館の圓谷昂史学芸員より提供していただいた。以上の方々に、厚く御礼を申し上げる。本稿は、日本大学文理学部個人研究費（2025年度）「日本の地質から古生代~新生代の東アジア縁辺のプレート・テクトニクスを紐解く」および北海道博物館総合研究プロジェクト「北海道の古地理復元に向けた地質年学的研究」などにおける成果の一部である。

引用文献

Cherniak, D. J. and Watson, E. B., 2001. Pb diffusion in zircon. *Chem. Geol.*, 172: 5-24.
 Corfu, F., Hanchar, J. M., Hoskin, P. W. O. and Kinny, P., 2003. Atlas of zircon textures. In: *Zircon* (eds. J. M. Hanchar and P. W. O. Hoskin), Reviews in Mineralogy and Geochemistry. 53: Mineralogical Society of America, pp. 469-500.
 雁沢好博 1987. 東北日本弧内帯の白亜紀-第三紀火山岩のフィッシュン・トラック年代：奥尻島・男鹿半島・朝日山地. *地質学雑誌* 93 : 387-401.
 秦 光男・瀬川秀良・矢島淳吉 1982. 奥尻島北部および南部の地質. *地域地質研究報告* (5万分の1地質図幅) : 83. 地

質調査所.

Hoskin, P. W. O. and Schaletegger, Urs. 2003. The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis. In: *Zircon* (eds. J. M. Hanchar and P. W. O. Hoskin), Reviews in Mineralogy and Geochemistry. 53: Mineralogical Society of America, pp. 27-62.
 川野良信・岡村 聡・久保和也・加々美寛雄 1993. 西南北海道, 奥尻花こう閃緑岩体の微量元素組成および Sr, Nd 同位体組成. *岩鋇* 88 : 447-456.
 Kawaguchi et al. 2026 in press. Effective separation and mounting processes of detrital zircon grains for non-biased U-Pb dating. *Bulletin of the Graduate School of Humanities and Social Sciences, Hiroshima University. Studies in integrated arts and sciences.*
 北野一平・小山内康人・中野信彦・足立達朗・吉本 紋 2014. ジルコンの迅速分離手法とU-Pb年代測定への適応例. *比較社会文化* 20 : 1-10.
 久保和也 1982. 西南北海道 奥尻島の花崗岩類. *地質調査所月報* 33 : 11-22.
 久保見 幸・長田充弘・仁木創太・平田岳史 2025. 北海道に分布する蝦夷層群函淵層下部の模式地における年代制約. *地質学雑誌* 131 : 343-350.
 Kubomi, K., Nagata, M., Ota, H., Miyata, K. and Otoh, S., 2023, Discovery of Early Paleocene (Danian) tuff from the Yezo Group in the Yubari area, Hokkaido, Northeast Japan. *Journal of the Geological Society of Japan* 129: 453-460.
 Nagata, M., Hayashi, Y., Sakashita, T., Kawagoe, Y., Kouchi, Y., Hirasawa, S., ... and Otoh, S., 2018, When did the deposition of the Tetori Group terminate? *Memoir of the Fukui Prefectural Dinosaur Museum* 17: 9-26.
 長田充弘・原田拓也・大田敬豊・久保見 幸・大藤 茂 2025. 福井県に分布する“白亜紀”打波深成岩体から得られた前期ジュラ紀ジルコンの意義. *地質学雑誌* 131 : 181-188.
 長田充弘・福田将真・末岡茂・横山立憲・鏡味沙耶・仁木創太・岩野英樹・檀原徹・小北康弘・梶田侑弥・南沙樹・久保見 幸・大藤 茂・平田岳史・田上高広 2021. マルチ鋇物年代スタンダードの可能性：東北日本仁左平層NSTジルコンの予察分析. 日本地球惑星科学連合2021年大会：SGL22-P04.
 長田充弘・久保見 幸・大田敬豊・坂下智和・酒井祐輔・黒島健介・山本綱志・大藤 茂 2020. 岐阜県および福井県の手取層群から得られたAlbianジルコンU-Pb年齢. *日本古生物学会第169回例会講演予稿集*. p. 39.
 Nagata, M., Miyazaki, K., Iwano, H., Danhara, T., Obayashi, H., Hirata, T., ... and Otoh, S., 2019, Timescale of material circulation in subduction zone: U-Pb zircon and K-Ar phengite double-dating of the Sanbagawa metamorphic complex in the Ikeda district, central Shikoku, southwest Japan. *Island Arc* 28: e12306.
 長田充弘・大藤 茂 2020. 北海道神居古潭変成岩類班溪幌内ユニットからの新たなジルコンU-Pb年代. *地質学雑誌* 126 : 597-601.
 長田充弘・大藤 茂 2021. 熊本県天草市, 前島花崗閃緑岩のジルコンU-Pb 年代. *地質学雑誌* 127 : 237-243.
 Silver L.T. and Deutsch S. 1963. Uranium-lead isotopic variations in zircons: A case study. *The Journal of Geology* 71: 721-758.

- 柴田 賢・山田直利 1978. 北海道, 奥尻島の花崗閃緑岩の K-Ar年代. 地質調査所月報 29: 611-613.
- 柴田 賢・内海 滋・宇都浩三・中川忠夫 1984. K-Ar 年代測定 結果-2 -地質調査所未公表資料-. 地質調査所月報 35: 331-340.
- Shimooka, K., Saito, S., and Tani, K. 2019. Zircon U-Pb ages of the Ryoke granitoids from the Takanawa Peninsula, northwest Shikoku, southwest Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* 114: 284-289.
- Shimooka, K., and Saito, S. 2023. Zircon U-Pb ages of the Cretaceous gabbroic and granitic rocks from the Kajishima, northwest Shikoku, southwest Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* 118: 230224.
- Shuto, K., Kagami, H. and Yamamoto, K. 1992. A Rb-Sr geochronological study on the Early Cretaceous Monai volcanic rocks from Okushiri Island, Northeast Japan Sea. *Journal of Mineralogy, Petrology and Economic Geology* 87: 510-519.
- 鈴木彩世・長田充弘・中嶋 徹・福田将眞・末岡 茂・田上高広 2022. フィッション・トラック年代測定に向けたモナザイトの鉱物分離法の検討. 2022年度 ESR 応用計測研究会・ルミネッセンス年代測定研究会・日本フィッション・トラック研究会 合同研究発表会講演要旨.
- 富田 達・唐木田芳文 1956. 副成分ジルコンの簡易分離法. 地球科学 29: 20-26.
- Tsutsumi, Y. 2022. Zircon U-Pb ages of the Higo plutonic complex: Implication for migration of Cretaceous igneous activity in Kyushu, southwest Japan. *Island Arc* 31: e12446.
- [URL1] パンニングの過程
<https://www.youtube.com/channel/UCWLQdojP86n1ZlubJAPhrWg>
- [URL2] 国土地理院, 地理院地図 (電子国土Web)
<https://maps.gsi.go.jp>

Heavy Mineral Separation Procedures for Geochronology: With Special Reference to U–Pb Zircon Dating.

NAGATA Mitsuhiro and KUBOMI Koh

Heavy minerals such as zircon, apatite, titanite, and monazite are commonly used for geochronological studies, and in recent years U–Pb zircon dating in particular has increasingly been applied to constrain the formation or depositional ages of a wide range of strata and rocks. However, methods for separating these heavy minerals are usually described only briefly in individual studies, and comprehensive manuals that detail the entire sequence of procedures are scarce.

In this study, we describe the zircon separation procedure in detail and present zircon separation from Early Cretaceous granodiorite collected on Okushiri Island, Hokkaido, as a case study. The procedure consists of 11 main steps: (1) collection of rock samples, (2) drying of the samples, (3)

mechanical and manual crushing, (4) sieving, (5) water panning, (6) hand panning, (7) magnetic separation, (8) heavy liquid separation, (9) mounting of zircons, (10) resin embedding, and (11) polishing of the mounts.

Using this method, we separated more than 50 zircon grains with a long axis of approximately 50–200 μm from this sample, and randomly selected from 45 of these zircon grains for analysis. In this addition, we were able to cleanly separate zircon and other heavy minerals. This method primarily focuses on techniques for separating zircon, but we can also separate other minerals for dating (e.g., baddeleyite, apatite, monazite) with similar methods or applying part of this method.

