九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

Construction and implication of high-precision U-Pb zircon geochronology by microscale analysis

竹原, 真美

https://hdl.handle.net/2324/1500495

出版情報：九州大学, 2014, 博士（理学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

（様式３）

氏　　名　：竹原　真美

論 文 名　：　Construction and implication of high-precision U-Pb zircon geochronology by microscale analysis
(微小領域における高精度ウラン-鉛ジルコン年代測定法の確立とその解釈)

区　　分　：　甲

論　文　内　容　の　要　旨

U-Pb ジルコン年代測定は，U-Pb 壊変系の壊変定数が高精度に決定されており，ジルコンが物理化学的に安定な鉱物であることから，今日，地質年代測定手法の中でも信頼性の高い手法の一つである．特に二次イオン質量分析手法（SIMS）といった微小領域分析による年代測定手法は，同位体希釈法を用いた熱イオン化質量分析法（ID-TIMS）と比較した場合は劣るものの，近年の測定精度向上によって，約 1%（約 100 Ma の試料に対し）の誤差での年代決定が可能である．この測定条件でより若いジルコンに対して年代決定を行えば，より短期間の地質現象の年代差を検出することが可能となり，詳細な時間スケールについての議論に役立つと考えられる．しかし，U-Pb 年代の測定精度は Pb の濃度によって制約され，若い年代を示す試料ほど相対的に低下する．さらに測定の高精度化を行う際には年代解釈のミスリードを防ぐために測定の確度を保証することは重要である．本研究では，微小領域における高精度かつ確度の保証された年代測定を行い，短期間（1 Ma 未満）の地質現象の検証を可能とし，微量元素組成，ジルコン粒子の外部形態情報に基づき，年代値の解釈を行った．測定機器として，国立極地研究所設置の高感度・高分解能イオンマイクロプローブ(SHRIMP)を用いた．

年代測定手法の確立として，(1)試料調整法の改良，(2)SHRIMP の測定条件の改良，(3)ジルコン粒子のキャラクタライズ，(4)標準試料選定法，(5)測定点選別基準の確立を行った．特に(4)，(5)については，ジルコンは安定性の高い鉱物とされる一方で，不均質な組成を示す例も報告されているため，標準試料を用いて検証を行った．例えば U や Th の放射壊変によって生じる結晶格子の損傷がジルコンの安定性を低下させ，熱水との相互作用の経路となる可能性が指摘されている．また，ジルコンに生じた微細なクラックが Pb の移動に寄与することも指摘されている．そこで，標準試料である AS3，さらに比較のために FC1，TEMORA2 ジルコンを対象として，ジルコンの組成像および鏡下観察と希土類元素（REE）組成分析結果に基づき，U-Pb 年代分析部位選定基準の確立および分析に最適な標準試料の選定を行った．測定部位は顕微鏡観察に基づき，(a)組成像の暗部，(b)反射光観察では平坦であるが透過光観察ではクラックが認められる部位，(c)クラックの認められない部位の 3 種類に分類される．AS3 ジルコンでは，U-Pb 系の乱れと軽希土類元素(LREE)富化から，(a)および(b)が年代測定に不適とみなされた．FC1 ジルコンはクラックを含む分析点において LREE 富化を示した．一方 TEMORA2 ジルコンはクラックの有無に関わらず均一な REE パターンを示した．AS3 の結果から，SHRIMP における分析深度は 1～2 μm であるにも関わらず，表面下のクラックが分析結果に影響する．一方，TEMORA2 は AS3 や FC1 に見られる U-Pb 系や微量元

素存在度の乱れは示さないため，標準試料として優位性がある．よって，測定点選定においては，組成像観察に加え，透過光観察で粒子表面下の状態についても確認すること，またクラックを含む部位の分析ではクラックを通じた元素の移動を検証することが重要である．LREE の富化はクラックを通じた元素移動の指標と成り得るので，年代測定結果を評価する上では有益な情報である．

手法改良を確認する目的で，飛騨変成岩について年代測定手法の適用を行った．飛騨帯は西南日本北部に分布する低圧高温型の変成岩帯であり，複数回変成作用を受けたとされる変成岩類とペルム紀から三畳紀にかけての花崗岩で構成される．変成作用の年代は約 350 Ma，250-220 Ma とされる（Arakawa et al., 2000）．しかしこれらの年代値は多くが K-Ar 法によるため，約 180 Ma の船津型花崗岩の貫入によって乱された可能性がある．また，SHRIMP U-Pb ジルコン年代も Sano et al. (2000)によって報告されており，変成作用の起こった年代に関しては，270-289 Ma，250-226 Ma と年代幅の広い範囲で表現されている．そこで，今回は和田川流域に産する飛騨変成岩（片麻岩）に対して年代測定を行った．U-Pb 年代測定の結果，ジルコンの過成長リムからは 206Pb-238U 年代の加重平均値 247.7±0.5 Ma(MSWD = 1.18)が得られ，飛騨帯における変成作用の時期を反映すると考えられる．

マグマ溜りの進化過程を議論する上で，その時間スケールは不可欠な情報である．そこで，愛媛県石鎚コールドロンに産する火成岩類を例に，U-Pb ジルコン年代測定による直接的な時間軸の挿入を試みた．石鎚コールドロンは二重の環状断層に沿って分布する複合環状岩脈群を有し，40 km^3 以上の規模を持つ安山岩マグマの火砕流堆積物（天狗岳溶結凝灰岩）とそれに貫入する珪長質岩類から構成される．カルデラの主体である(1)天狗岳溶結凝灰岩，セントラルプルトンを構成する(2)想思渓花崗閃緑岩および(3)鉄砲石川アダメロ岩，また外側環状岩脈群を構成する(4)天柱石流紋岩，内側環状岩脈群を構成する(5)番匠谷流紋岩について，ジルコン U-Pb 年代・Hf 濃度同時測定，REE 濃度分析を行った．U-Pb 年代測定の結果，天狗岳溶結凝灰岩が最も古い年代を示し，14.80±0.11 Ma であった．想思渓花崗閃緑岩，鉄砲石川アダメロ岩および天柱石流紋岩はそれぞれ 14.56±0.10 Ma，14.53±0.12 Ma，14.55±0.11 Ma を示した．鉄砲石川アダメロ岩中のジルコンと番匠谷流紋岩中の一部のジルコンは，他の試料の Hf 濃度と比較して高い．また，全てのジルコンにおいて負の Eu 異常がみられ，天狗岳溶結凝灰岩ジルコンの負の Eu 異常は他試料と比較して小さい傾向がある．ジルコンの Hf 濃度および負の Eu 異常は結晶分化によるマグマ組成の変化を反映したものだと考えられる．また，ジルコンの微量元素組成および形態の違いから，番匠谷流紋岩中にはマグマに混入した早期晶出ジルコンとマグマ中で晶出したジルコンが混在していることが示唆され，流紋岩形成年代はマグマ中で晶出したジルコンのみから得られた 14.21±0.19 Ma である．この早期晶出ジルコンは，正の Ce 異常を示さず，Hf 濃度が低いといった天狗岳溶結凝灰岩のジルコンと共通点をもつ．このことは，番匠谷流紋岩の早期晶出ジルコンが，天狗岳溶結凝灰岩を形成したマグマに由来することを示唆する．吉田ほか（1993）によって提案された石鎚コールドロン形成過程モデルに，年代学的情報を加味することで，コールドロン形成およびマグマ溜りの結晶分化作用について以下の 3 つのステージを識別することができる：(1)環状岩脈に沿った大規模火砕流（天狗岳火砕流）の噴出，(2)外側環状岩脈（天柱石流紋岩）および内側環状岩脈に沿ったセントラルプルトン（想思渓花崗閃緑岩，鉄砲石川アダメロ岩）の貫入，(3)内側環状岩脈に沿った流紋岩質マグマ（番匠谷流紋岩）の貫入．各ステージは約 30 万年間の時間間隔で起こり，石鎚コールドロンは約 60 万年間かけて形成されたことが示唆される．