

平成23年 5月10日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20340151

研究課題名(和文) 極微小領域ジルコン年代測定法の開発と変成岩ダイナミクスへの応用

研究課題名(英文) Technical development of in-situ dating method for tiny zircon and implication for metamorphic dynamics.

研究代表者

小林 桂 (KOBAYASHI KATSURA)

岡山大学・地球物質科学研究センター・准教授

研究者番号：20325129

研究成果の概要(和文)：本研究は、二次イオン質量分析計を用いたジルコン年代測定法を改良し、極微小ジルコン(最小10ミクロン程度)を用いて精密に変成岩の年代を決定することを目的とした。結果として試料の研磨法と標準試料の整備を実施することによって、新たなジルコン年代測定法を確立した。同手法をコヒースタン地域の高圧変成岩類に適用し、非常にウラン濃度の低い変成ジルコンの年代測定によって約4500万年前という形成年代を初めて求めることに成功した。

研究成果の概要(英文)：The main subject of this research was development of in-situ zircon dating method by the secondary ion mass spectrometer. The author succeeded to develop sample polishing technique to get the very flat surface and to prepare reliable zircon standards by conventional techniques, then established new dating method, which can be applied less than 10 micron zircon grain. The method had been applied to the Kohistan high pressure metamorphic rocks and determined ~45 Ma as their metamorphic age.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
2009年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2010年度	2,800,000	840,000	3,640,000
年度			
年度			
総計	13,000,000	3,900,000	16,900,000

研究分野：岩石学・地球化学

科研費の分科・細目：地球惑星科学、岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：地球惑星進化、ジルコン、年代測定、二次イオン質量分析計、変成岩

## 1. 研究開始当初の背景

従来、高分解能二次イオン質量分析計を用いて、鉱物分離したジルコン結晶の中心部と縁辺部の年代測定を実施し、その時間差を議論

する試みは行われてきたが、「岩石薄片に含まれる微小ジルコン(径30マイクロメートル程度)」を対象としたその場分析は十分に行われていなかった。この原因の一つは高分解能二

次イオン質量分析計を用いた分析技術にあると思われる。応募者らはこの技術的課題を克服すべく、光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡などの異なる分析機器間で試料座標を共通化するビジュアルステージシステムの開発、二次イオン質量分析計用試料観察用光学顕微鏡の開発などに取り組んできた。

## 2. 研究の目的

本研究においては、その内容を大きく3つに分けることができる。

(1) ジルコンを含有する試料調製を効率化するシステムを構築する。本研究の特徴は、超高空間分解能年代測定技術と、微量元素組成およびチタン (Ti) の含有量による温度情報、局所酸素同位体分析をリンクさせ、そのジルコンの生成に関与した物質進化過程を明らかにする点にある。そのため試料中のジルコンの存在形態や、他の鉱物相との共生関係といった空間情報に着目し、岩石薄片試料を用いたジルコン年代測定技術を確立していく。

(2) 高分解能二次イオン質量分析計を用いた超高空間分解能分析技術の開発が課題となる。従来二次イオン質量分析計による年代測定においては、試料をスパッタする一次イオンビームとして加速された酸素イオンを物理的アパーチャによって径を絞り分析に用いてきた。この方法ではビームの最小径は20マイクロメートル程度にとどまり、十分な空間解像度を得ることは困難である。応募者らは、アパーチャではなくレンズを用いたフォーカスビームによって年代測定を実施する技術開発に取り組んでおり、10ミクロンの分析領域で年代測定を実施することを可能にしてきた (e. g., Usui et al., 2003)。これに加えイオンビーム密度を従来比2倍以上に向上させ、同じ電流値のイオンビームでもその径を現在の70%以下に絞ることが可能となるDUOレンズシステムの導入を進めており、このシステムを用いた極微小ビームによる年代測定法の確立を目指す。

(3) 立ち上げた超高空間分解能年代測定法を駆使し、天然試料の解析を試み、その技術の有効性を確認する。特に低温高压変成岩中に含まれるジルコンは、その変成過程を通じて結晶成長することによって、原岩年代、累進変成年代、後退変成年代など様々な履歴をその中に記録していると考えられる。その履歴を精密に読み解くためには、試料を粉碎し分離したジルコンを用いるのではなく、薄片試料中のジルコンをその場分析する必要がある。しかしながら同変成岩中のジルコンは多くの場合その粒径が50マイクロメートル以下と小さく、その場分析、ましてやジルコンの累帯

構造の精密解析は従来法では困難であった。そこで本研究において開発する新しい手法を用い、変成岩岩石学と組み合わせながらその過程を追うことによって、変成作用に伴う流体の化学組成変化、鉱物の相変化に対し、ジルコンを基軸に時間情報、温度情報を明らかにすることを目指す。

## 3. 研究の方法

本研究は

(1) 円形試料薄片の作成および、研磨技術の確立

(2) Duo レンズを装備した高分解能二次イオン質量分析計 (Cameca ims-1270) を活用した超高空間分解能ジルコン年代測定法の確立

(3) 標準試料の作成

(4) レーザーを用いた ICP-MS による局所ジルコン年代測定法の確立

(5) 海洋プレート沈み込みに関連する変成岩中のジルコンを用いた年代測定と、変成ダイナミクスの解析

の手順で研究を進めた。二次イオン質量分析計を用いたジルコン年代測定には研究代表者である小林、レーザーを用いた ICP-MS による年代測定技術の開発は研究分担者の辻森博士、天然試料への応用はその両名に加え、鹿児島大学の Rehman 博士に研究協力者として参加してもらい、変成岩岩石学、地球化学的解析を元にジルコン年代学を組み合わせ、ヒマラヤ・コヒースタン地域の超高压変成岩類の変成ダイナミクスの解析を実施した。

## 4. 研究成果

分析における基礎技術開発として、円形研磨薄片の作成とその研磨技術の開発を行った。極微小ジルコン年代測定において、ジルコン粒子周辺部の縁だれは、二次イオン質量分析計内での試料観察、ターゲット同定に非常に大きな影響を与える。さらに平滑部が酸くなることで、分析領域が減少し極微小分析をより難しくしてしまう。本研究ではラッピングフィルムを用いた自動研磨装置の条件最適化と、パイブレーションポリッシュを用いた平滑薄片作成技術の確立に成功し、二次イオン質量分析計による年代測定をより容易に実施する技術基盤を確立している。当然であるが、この技術は年代測定にとどまらず、他の局所同位体分析や微量元素分析など、二次イオン質量分析計を用いた分析にも応用可能であり、汎用性の高い技術といえる。

極微小ジルコン年代測定法を確立し、天然試料への応用を可能にした。鹿児島大学の Rehman 博士によってヒマラヤ・コヒースタン地域にて採取されたエクロジャイト中に含まれる微小ジルコンの年代測定を始め

て実施した。源岩中のジルコニウム含有量が極めて薄いため、変成過程において結晶化したジルコンのサイズは平均で 50 ミクロン程度と極めて小さく、かつ低いウラン含有量と若い形成年代による極微量放射壊変鉛の同位体測定を実施できたことは大きな課題であった。結果として～45Ma という形成年代を明らかにすることができ、ヒマラヤ・コヒースタン地域における広域変成帯の形成メカニズムに対して明確な時間的制約を与えることができた。本研究は、シリカに富んだ片麻岩中のジルコンの年代値～200Ma と合わせ、変成岩の起源となった堆積物の年代と、それが変成を受けた年代を明確に区別するものであり、本研究による極微小ジルコン年代測定が、変成岩のダイナミクスに時間的制約を与えることができることを明確に表している。

本研究成果は現在論文としてまとめていると同時に、その一部を平成 22 年 6 月に台湾で行われた AGU Western Pacific Geophysics Meeting において招待講演として公表している。

また南アメリカの Paleozoic の堆積岩のジルコン年代測定ヨハネスブルグ大学の研究者と共同研究として実施し、堆積岩の後背地の特定と、堆積年代に時間的制約を与えることに成功している。本研究の研究成果は論文として取りまとめ、国際誌である International Journal of Earth Science の 100 号において発表している。

また開発した極微小ジルコン年代測定法を西南日本に広く分布する花崗岩の形成年代を決定するために適用し、現在 12 試料から各～20 粒のジルコンを分離し系統的に測定を実施した。その結果領家帯・山陽帯・山陰帯の花崗岩形成活動時期の変化が明らかになりつつあり、系統的な編年が可能となっている。これに関しては今後も研究を継続する。

昨年度より取り組んでいたレーザーを用いた ICP-MS によるジルコン年代測定は、研究分担者である辻森樹博士によって順調に開発が進み、実用化された。それに用いる標準試料ジルコンの整備も進んでおり、今後、多量のジルコンを自動的に年代記載する目的に活用し、二次イオン質量分析計による精密・極微小領域ジルコン年代測定前の年代概略を知る手法として活用可能である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

①Fourie, P.H., Zimmermann, U., Beukes, N.

J., Naidoo, T., Kobayashi, K., Kosler, J., Nakamura, E., Tait, J., Theron, J. N., Provenance and reconnaissance study of detrital zircons of the Palaeozoic Cape Supergroup in South Africa: revealing the interaction of the Kalahari and Rio de la Plata cratons, Int. J. Earth Sci., Vol. 100, 527-541, 2011.

②Rehman H. U., Kobayashi K., Tsujimori T., Nakamura E., Yamamoto H., and Khan T., Ion microprobe U-Pb geochronology and trace element geochemistry of the zircon from the Himalayan high- and ultrahigh-pressure eclogites, Kaghan Valley of Pakistan., Eos Trans. AGU, Vol. 91, 2010.

[学会発表] (計 1 件)

① Rehman H. U., Kobayashi K., Tsujimori T., Nakamura E., Yamamoto H., and Khan T., Ion microprobe U-Pb geochronology and trace element geochemistry of the zircon from the Himalayan high- and ultrahigh-pressure eclogites, Kaghan Valley of Pakistan., Western Pacific Geophysics Meeting, 2010 年 6 月 24 日, Taipei (Taiwan).

[その他]

<http://www.misasa.okayama-u.ac.jp/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小林 桂 (KOBAYASHI KATSURA)  
岡山大学・地球物質科学研究センター・准教授  
研究者番号：20325129

### (2) 研究分担者

辻森 樹 (TSUJIMORI TATSUKI)  
岡山大学・地球物質科学研究センター・准教授  
研究者番号：00436833

(3)研究協力者

Hafiz Ur Rehman (ハフィーズ ウル  
レマン)

鹿児島大学・理工学研究科・助教

研究者番号：60505410