

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：62611

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25287132

研究課題名(和文) 地殻形成素過程解明に向けた微小領域高精度ジルコン年代測定の実証研究

研究課題名(英文) Geochronological study of high precision zircon microanalysis for crustal evolution

研究代表者

外田 智千 (Hokada, Tomokazu)

国立極地研究所・研究教育系・准教授

研究者番号：60370095

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：二次イオン質量分析計を用いた高精度U-Pb年代分析ならびに同位体分析のための基礎実験をおこない、高精度U-Pb年代分析と微量元素存在度分析、酸素同位体分析を一連の分析として行う試料調整法を確立した。天然岩石への応用として、組成累帯構造をもつ花崗岩体(石鎚コールドロン)中のジルコンの高精度U-Pb年代測定とTi及びREE分析から、400万年の期間でトータル岩質から花崗岩質へ結晶分化するという推定結果を得た。さらに、高精度酸素同位体分析によって、結晶分化作用に伴い酸素同位体組成が変化することを見出した。

研究成果の概要(英文)：We have improved and established the sample preparation protocol for the combined high precision U-Pb age determination, trace elements analyses and oxygen isotope analysis on zircon crystal using sensitive high resolution ion micro probe. Applying U-Pb dating, Ti and REE analyses on zircon from the natural granitic samples from the Ishizuchi Cauldron, we have estimated the duration of crystal fractionation from tonalitic to granitic magma in 400 million years time. We have also applied oxygen isotope analysis, and have detected the change of oxygen isotope during the crystal fractionation.

研究分野：地質学

キーワード：ジルコン 二次イオン質量分析計 SHRIMP U-Pb年代測定 微量元素 酸素同位体

1. 研究開始当初の背景

地球の地殻進化の研究において、その形成時期や記録されている各プロセスの時間スケールを制約する“年代”情報は解析をおこなう上での必須アイテムとなりつつある。二次イオン質量分析計 (SHRIMP II) を用いた U-Pb 系の高精度の放射年代測定は、有望な解析ツールとして地殻形成発達の研究に広く用いられている。その基盤となるジルコン標準試料のキャラクタリゼーション、ジルコン表面形態による年代測定への影響評価、Pb-Pb 同位体分別効果の検証、U-Pb 同位体分析精度の向上といった基礎研究をすすめ、その上で、若い海洋性島弧、太古代地殻、惑星地殻 (隕石) という時代と時間スケールの異なるターゲットを用いて地殻形成の素過程の解明と惑星・地球初期地殻形成プロセスの理解に向けた応用を目指すことが当初のモチベーションであった。

(1) U-Pb 放射年代測定：地球史の 46 億年前から現在までのタイムスケールで地球表面ならびに深部の過程を検証する上で、統一的手法による年代解析は極めて重要となる。多種多様な年代測定手法が開発・提案されている中で、本研究の対象とするジルコン結晶を用いた U-Pb 年代測定は、太陽系形成の 46 億年前から百万年を切るような若い年代までの広い年代範囲で十分な精度・確度・年代解像度を持つほぼ唯一の手法である。特に、照射径を数十ミクロン程度にまでしぼった一次イオンやレーザーを用いた局所分析は、その信頼性や時間空間分解能において他の手法の追随を許さない (例えば、Williams, 1998)。申請者は、これまで国立極地研究所の保有する二次イオン質量分析計 (SHRIMP II) を用いて、日本列島の形成から太古代の地殻発達、さらに惑星物質である隕石の年代測定などの研究をおこなってきた。

(2) 初性海洋性島弧地殻の形成過程：初生的な大陸地殻形成の本質的なプロセスとして、海洋-海洋沈み込みに伴う海洋性島弧地殻の形成と、その後の島弧衝突による大陸成長の重要性は広く認識され研究が進められている。特に、本邦の伊豆-小笠原弧と伊豆衝突帯は海洋地殻から大陸地殻が形成し、本州弧に衝突・付加することで大陸が成長しつつある場所として様々な研究グループによって最先端の研究がすすめられているところである。本申請グループでも、海洋研究開発機構と国立極地研究所の共同研究として平成 20 年から SHRIMP II を用いたジルコン年代研究をおこなっており、大きな成果を挙げている (例えば、Tani et al., 2011a, 2011b)。最近では、海洋地殻からなる基盤と思われていた場所から大陸地殻物質 (珪長質岩) が見つかるなど、初期の大陸地殻形成過程への理解が大きく塗り替えられる可能性がある。また、こうした新生代の若い地質体を扱う特徴として、年代分解能をさらに高めることによ

て、マグマプロセスの素過程や基盤と被覆する堆積物の関係の検証など、海洋性島弧を特徴付ける地殻形成のプロセスが非常に高い年代解像度で検証できる可能性が見えてきた。

(3) 地球・太陽系初期地殻の形成：本研究のもう一つの柱は、地球という惑星を特徴付ける大陸地殻と海洋地殻という 2 つの表層物質のコントラストを地球史という時間軸の中での形成過程とその変遷という観点で研究をおこなうことである。現存する地球初期の大陸地殻物質として、太古代の地質体の研究も鋭意進められている。特に、本研究に参画する研究チームによって、オーストラリアのピルバラクラトン、インドのダールワールクラトン、南極のナピア岩体の研究が鋭意進められている。本研究では、伊豆-小笠原弧に代表される海洋性島弧地殻形成過程を太古代地殻形成過程のアナロジーとして、太古代地殻への応用といった視点での解析をすすめる。

2. 研究の目的

本研究では、以下の 4 点を目的とする。

(1) U-Pb 同位体容器としての鉱物結晶の挙動の解析：年代測定で計測するジルコン結晶を容器としての U と Pb 同位体の挙動を光学・電子顕微鏡スケール・局所同位体マッピングの手法を駆使して検証する。また、標準試料ジルコンとして用いられている様々なジルコン結晶のキャラクタリゼーションをおこない、測定精度の向上につなげる。

(2) 高年代精度・高空間分解能での局所分析を達成するための装置の改良：年代解像度を上げるためには ^{238}U - ^{206}Pb 同位体系の分析精度向上が不可欠である。伊豆・小笠原弧には始新世から現在に至るような若い島弧火山岩類が分布している。それらに含まれるジルコン結晶を高空間分解能でかつ高精度で年代測定をおこなうために、高電圧電源系の改良およびステージ駆動モーターシステムの改良を行い、精度と空間分解能を高める。また SHRIMP 分析の 1 ミクロン程度というスパッタリングの深さの特徴から、年代分析をおこなった同一スポットでさらに酸素同位体・希土類元素ほかの分析を可能とする。

(3) 初生地殻形成・成長の素過程の解析：伊豆・小笠原弧や伊豆衝突帯で解明されつつある大陸地殻形成・成長過程は、太古代初期地球における初生大陸地殻形成プロセスのアナログとして注目されている。SHRIMP の持つ高年代分解能と高空間分解能の特質を生かして、海洋性島弧の地殻形成・成長に関わる素過程の時間スケールを高精度に制約することを目指す。

(4) 初期地球の大陸地殻物質のキャラクタリゼーション：太古代の地質体 (豪ピルバラクラトン、印ダールワールクラトン) における、いわゆる太古代 T T G の岩石学的・地球化学的・年代学的解析によって、当時の初生大陸

地殻形成のキャラクタリゼーションをおこなう。

3. 研究の方法

本研究は、(1)二次イオン質量分析計(SHRIMP)を用いた同位体年代分析の基礎研究、(2)海洋性島弧地殻ならびに太古代地殻を用いた実証研究、の2つからなる。まず、ジルコン標準試料のキャラクタリゼーションやジルコン結晶の表面形態や内部構造が同位体分析に与える影響を調べる検証実験を中心に、同位体分析精度向上に向けた分析装置の改良と U-Pb 同位体系の基礎実験をおこなう。その上で、伊豆小笠原弧に分布する新生代の島弧火山岩類の解析をおこなう。次のステップとして、Pb-Pb 同位体系の同位体分別効果の検証と分析精度の改良をおこなう。並行して、太古代地殻、隕石試料の解析をおこなう。必要な分析装置は極地研究所ならびに研究分担者の所属機関(海洋研究開発機構、九州大学)既存の装置が利用可能である。以下の3つのステップで研究を進める。

(1) 質量分析計の改良:

本研究の根幹となる分析装置である二次イオン質量分析計(SHRIMP II)のモーターシステム(SMC3)と磁場フィールドコントロールユニット(FC3)の改良をおこなう。また、分析精度の向上と長時間の測定の安定性確保のためにこれまで取り組んできた酸素バルブ流量調整システムの改良と実験をすすめ、U-Pb 年代精度向上のための調整と基礎実験をおこなう。

(2) ジルコン標準試料のキャラクタリゼーションと年代分析部位の選定基準の策定:

ジルコンの局所 U-Pb 年代分析は、特定の年代をもつ標準試料ジルコンを基準値として Pb/U 比の相違から年代を見積もる。現在多数の標準試料が存在しているが、十分なキャラクタリゼーションが行われている訳ではない。特に、ジルコン結晶の表面形態の観察と微小領域の同位体・微量元素分析を実施し、ジルコンの受けてきた二次的作用の影響を定量的に評価し、標準試料としてのキャラクタリゼーションを行う。また、ジルコン中に存在する包有物やクラックがもたらす影響を定量的に評価する。上記の手法で得られた情報に基づき、未知試料の年代分析部位の選定基準を策定する。こうした解析には、国立極地研究所にすでに整備されている、光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡、電子線マイクロアナライザ、顕微ラマン分光分析装置といった機器を用いて進める。

(3) 新生代ジルコンの ^{238}U - ^{206}Pb 分析精度の改良:

新生代ジルコンの ^{238}U - ^{206}Pb 年代分析においては、放射壊変起源の Pb の含有量が少なく、十分なカウントが得られないこと、始原 Pb の割合が高いことから分析精度が低くなる。上記の問題を解決するために一次イオン強度の増加とイオン化効率の改善が必要で

ある。一次イオン強度は一次イオン源のアーチャーのバランスと電圧に依存しており、一次イオン源内部のアーチャーの再設計や、酸素流量と電圧のバランスを変化させることで向上することが期待される。そのために酸素流量システムと高電圧ユニットの改良をすすめる。また始原 Pb の低減のための試料調整法の改良をおこなう。

こうした実証実験は、申請者のグループがこれまで取り組んできた伊豆-小笠原弧ならびに周辺地域で採取された岩石試料を用いて実施する。

4. 研究成果

(1) 平成 25 年度

レタレーション・レンズシステムを用いて二次イオン質量分析計(SHRIMP II)の信号ノイズ比を改善することにより U-Pb 年代測定の高精度化を試み、以下の研究に応用した。

本邦飛騨地域に産する変成岩中のジルコンの微小領域同位体分析・微量元素分析をおこない、ジルコンの受けてきた二次的作用の影響の評価をおこなった。得られた成果を、2013年8月にフローレンス(伊)で開催された Goldschmidt 国際会議で発表するとともに、関連分野の国際的な研究者コミュニティの中で議論をおこなった。

新生代~第四紀の若いジルコンの U-Pb 年代分析のための基礎実験をすすめた。富山県黒部川流域で第四紀花崗岩の野外地質調査と岩石試料の採取をおこなった。採取した岩石試料ならびに分離したジルコン結晶の評価とキャラクタリゼーションをおこなった。また、愛媛県石鎚コールドロンに産する新生代火山岩・深成岩類に産するジルコンの結晶表面観察と U-Pb 年代測定をおこない、数10万年スケールの火山・深成岩体下部でのマグマプロセスに関する知見を得た。

南インドに産する太古代大陸地殻中のジルコン分析をおこない、大陸地殻の進化プロセスについての年代情報を得た。

(2) 平成 26 年度

オーストラリアから技術者の来訪を受けて、二次イオン質量分析計(SHRIMP II)のアップグレード更新ユニット(モーターシステム SMC3、磁場コントロールユニット FC3、いずれも平成 25 年度に別予算で購入)の取り付け、ならびに、調子の悪かった真空系のゲートバルブの交換をおこなった。そうした装置の改良に伴って、U-Pb 年代測定の効率化と精度向上のための装置の調整をおこなった。

太古代から新生代までの様々な年代のジルコン試料を対象に、研究補助者の補助を受けて精力的に U-Pb 年代測定をおこなってデータを蓄積するとともに、中生代~新生代のジルコンを用いて、高精度の U-Pb 年代分析データ取得のための基礎実験とジルコン結

晶の評価とキャラクタリゼーションをすすめた。特に、愛媛県石鎚コールドロンに産する新生代火山岩・深成岩類に産するジルコンの結晶表面観察と U-Pb 年代測定をさらにおこなって、数 10 万年スケールの U-Pb 年代分解能を得るとともに、火山・深成岩体下部でのマグマプロセスについての検討をおこなった。

平成 26 年 9 月に日本で開催した第 7 回国際 SHRIMP ワークショップにおいて、国内外の研究者と SHRIMP を用いた同位体分析の高精度化と応用についての検討と意見交換をおこなった。

(3)平成 27 年度

平成 26 年度に引き続き二次イオン質量分析計の調整と基礎実験をおこなった。今年度は、二次イオン質量分析計 (SHRIMP IIe) を用いた分析のための試料調整や分析法に習熟した特任研究員 (竹原真美) を雇用し、長時間にわたる連続 U-Pb 分析の安定性の評価とイオン比から原子数比への新たな更正法の検証を行い、測定の効率化と精度の向上に取り組んだ。

これまでに得られた成果を日本地球惑星科学連合 2015 年大会 (2015 年 5 月、幕張)、第 12 回国際地学シンポジウム (同 7 月、ゴア(インド))、日本地球化学学会年会 (同 9 月、横浜)、日本地質学会年会 (同 9 月、長野)、第 1 回日韓 SHRIMP ワークショップ (同 9 月、広島)、第 12 回 Gondwana 国際シンポジウム (同 10 月、筑波)、第 6 回極域科学シンポジウム (同 11 月)、変成岩・変成作用国際シンポジウム (2016 年 3 月、岡山) において発表し、関係者と議論をおこなった。

また、新たに導入した改良型マルチコレクターを搭載した二次イオン質量分析計 (SHRIMP-IIe/AMC) を用いて、酸素同位体分析の精度・確度の検証を行うとともに、オーストラリアから技術者の来訪を受けてマグネシウム同位体やホウ素同位体分析手法の立ち上げを行った。オーストラリア国立大学の Ian Williams 教授との共同研究によって、Low Field Tesla Tamer を用いた軽元素の同位体分析の精度向上のためのテストをおこなうとともに、飛騨帯の花崗岩・片麻岩試料、南極セール・ロンダーネ山地の炭酸塩岩、南極ナピア岩体の太古代超高温変成岩中のジルコンの酸素同位体組成の高精度分析、また、アパタイト中の ^{17}O や OH 分析などに取り組んだ。

(4)平成 28 年度

平成 27 年度に引き続き、引き続き二次イオン質量分析計 (SHRIMP IIe) を用いた分析や試料調整に習熟した特任研究員 (竹原真美) を雇用し、高精度 U-Pb 年代分析と微量元素存在度分析、酸素同位体分析を一連の分析として行う試料調整法を確立した。また、Selfrag と超音波ドリルを用いた試料調整法

を検討し、鉱物共生関係を検証しながら高精度年代測定を行うための手法を立ち上げた。

ジルコン中の軽元素 (Li, K, Ca, Mn, Fe, Mg) 分析手法の確立を行い、U-Pb 壊変系の乱れと軽元素の混入挙動の関連を見出し、U-Pb 壊変系の乱れを評価する尺度を確立した。ジルコン結晶中の水含有量の分析手法を検討し、定量化に向けた基礎実験をおこなった。

天然岩石への応用として、組成累帯構造をもつ花崗岩体 (石鎚コールドロン) 中のジルコンの高精度 U-Pb 年代測定と Ti 及び REE 分析から、400 万年の期間でトータル岩質から花崗岩質へ結晶分化するという推定結果を得た。さらに、高精度酸素同位体分析の基礎実験を行い、上記のジルコンに応用した結果、結晶分化作用に伴い酸素同位体組成が変化することを見出した。これは世界で最初の報告となる。

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 56 件)

1. Takehara, M., Horie, K., Tani, K., Yoshida, T., Hokada, T., Kiyokawa, S., 2017. Timescale of magma chamber processes revealed by U-Pb ages, trace element contents and morphology of zircons from the Ishizuchi caldera, Southwest Japan Arc. *Island Arc*, 26, 1-14. DOI: 10.1111/iar.12182. (査読有)
2. Hokada, T., Harley, S.L., Dunkley, D.J., Kelly, N.M., Yokoyama, K., 2016. Peak and post-peak development of UHT metamorphism at Mather Peninsula, Rauer Islands: zircon and monazite U-Th-Pb and REE chemistry constraints. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 111, 89-103. DOI: 10.2465/jmps.150829. (査読有)
3. Horie, K., Hokada, T., Motoyoshi, Y., Shiraishi, K., Hiroi, Y., Takehara, M., 2016. U-Pb zircon geochronology in the western part of the Rayner Complex, East Antarctica. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 111, 104-117. DOI: 10.2465/jmps.150811. (査読有)
4. Kawakami, T., Hokada, T., Sakata, S., Hirata, T., 2016. Possible polymetamorphism and brine infiltration recorded in the garnet-sillimanite gneiss, Skallevikshalsen, Lützow-Holm Complex, East Antarctica. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 111, 129-143. DOI: 10.2465/jmps.150812. (査読有)
5. Tani, K., Dunkley, D.J., Chang, Q.,

- Nichols, A.R.L., Shukuno, H., Hirahara, Y., Ishizuka, O., Arima, M., Tatsumi, Y., 2015. Pliocene granodioritic knoll with continental crust affinities discovered in the intra-oceanic Izu-Bonin-Mariana Arc: Syntectonic granitic crust formation during back-arc rifting, *Earth and Planetary Science Letters*, 424, 84-94. DOI: 10.1016/j.epsl.2015.05.019. (査読有)
6. Kiyokawa S., Ueshiba T., 2015. Rapid sedimentation of iron oxyhydroxides in an active hydrothermal shallow semi-enclosed bay at Satsuma Iwo-Jima Island, Kagoshima, Japan. *Sedimentary Geology*, 319, 98-113. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2015.01.010. (査読有)
 7. Kiyokawa S., Koge S., Ito T., Ikehara M., 2014. An ocean-floor carbonaceous sedimentary sequence in the 3.2-Ga Dixon Island Formation, coastal Pilbara terrane, Western Australia. *Precambrian Research*, 255, 124-143. DOI: 10.1016/j.precamres.2014.09.014. (査読有)
 8. Hokada T., Horie K., Adachi, T., Osanai, Y., Nakano, N., Baba, S. and Toyoshima, T., 2013. Unraveling the metamorphic history at the crossing of Neoproterozoic orogens, Sor Rondane Mountains, East Antarctica: Constraints from U-Th-Pb geochronology, petrography, and REE geochemistry. *Precambrian Research*, 234, 183-209. DOI: 10.1016/j.precamres.2012.12.002. (査読有)
 9. Ito, H., Yamada, R., Tamura, A., Arai, S., Horie K., Hokada T., 2013. Earth's youngest exposed granite and its tectonic implications: the 10-0.8 Ma Kurobegawa Granite. *Scientific Reports*, 3, 1306. DOI: 10.1038/srep01306. (査読有)
 10. Hokada T., Horie K., Satish-Kumar, M., Ueno, Y., Nasheeth, A., Mishima, K., Shiraishi, K., 2013. An appraisal of Archaean supracrustal sequences in Chitradurga Schist Belt, Western Dharwar Craton, Southern India. *Precambrian Research*, 227, 99-119. DOI: 10.1016/j.precamres.2012.04.006. (査読有)
 11. Horie K., Takehara M., Suda Y., Hidaka H., 2013. Potential Mesozoic reference zircon from Unazuki plutonic complex: geochronological and geochemical characterization. *Island Arc*, 22, 292-305. DOI: 10.1111/iar.12031. (査読有)
 12. Iwano, H., Orihashi, Y., Hirata, T., Ogasawara, M., Danhara, T., Horie K., Hasebe, N., Sueoka, S., Tamura, A., Hayasaka, Y., Katsube, A., Ito, H., Tani K., Kimura, J.-I., Chang, Q., Kouchi, Y., Haruta, Y., Yamamoto, K., 2013. An inter-laboratory evaluation of OD-3 zircon for use as a secondary U-Pb dating standard, *Island Arc*, 22, 382-394. DOI: 10.1111/iar.12038. (査読有)
- [学会発表](計45件)
1. Takehara, M., Horie K., Tani K., Yoshida, T., Hokada T., Kiyokawa S., Significance of external morphology and chemistry of zircon for precise U-Pb geochronology. International Goldschmidt Conference 2016, Pacifico Yokohama (Yokohama), 2016年6月26日-7月1日.
 2. Takehara, M., Horie K., Williams, I.S., Zircon U-Pb geochronology and geochemistry of the Utsubo granitic pluton, Hida Belt, central Japan. 8th International SHRIMP Workshop, Granada (Spain), 2016年9月6-10日.
 3. Takehara, M., Horie K., Conventional mechanical crushing versus Selfrag Lab. pulverization. 8th International SHRIMP Workshop, Granada (Spain), 2016年9月6-10日.
 4. Horie K., Takehara, M., Magee, C.W., Preliminary report of stable isotope analysis with 5-head advanced multi-collector. 8th International SHRIMP Workshop, Granada (Spain), 2016年9月6-10日.
 5. Hokada T., Horie K., Osanai, Y., Toyoshima, T., Baba, S., Nakano, N., Adachi, T., Insights from zircon chronology and chemistry constraints into Neoproterozoic orogens at Sor Rondane, East Antarctica. 日本地球惑星科学連合2015年大会, 幕張メッセ(千葉) 2015年5月20-25日.
 6. Hokada T., Horie K., Osanai, Y., Toyoshima, T., Baba, S., Nakano, N., Adachi, T., Neoproterozoic 650-550 Ma geologic events at Sor Rondane Mountains, East Antarctica. 12th International Symposium on Antarctic Earth Science, Goa (India), 2015年7月13-17日.
 7. Hokada T., Horie K., Dunkley, D.J., Yokoyama, K., Harley, S.L., Dating high temperature metamorphic events: some examples of younger metamorphic zircons and older metamorphic monazites from Antarctica. 1st Japan-Korea SHRIMP meeting, Hiroshima University (Higashi Hiroshima), 2015年9月14-15日.
 8. Hokada T., Horie K., Osanai, Y., Toyoshima, T., Baba, S., Nakano, N., Adachi, T., Unraveling the Neoproterozoic 650-550 Ma

- geologic events at Sor Rondane Mountains, East Antarctica. 12th International Symposium on Gondwana to Asia, Tsukuba University (Tshukuba), 2015年10月22-23日.
9. Hokada, T., Dating high-T metamorphic events: Some examples of younger zircon and older monazite ages from Antarctica. International Symposium "Metamorphic rocks and Metamorphism: Future Perspectives", Okayama University of Science (Okayama), 2016年3月12-14日.
 10. Horie K. and Takehara M., Review of calibration method of zircon Pb/U ratio obtained by SIMS, 1st Japan-Korea SHRIMP meeting, Hiroshima University (Higashi Hiroshima), 2015年9月14-15日.
 11. Horie K., Hokada T., Motoyoshi Y., Shiraishi K., Hiroi Y. and Takehara M., U-Pb zircon geochronology in western part of the Rayner Complex, East Antarctica, 第6回極域科学シンポジウム, 国立極地研究所(立川), 2015年11月16-19日.
 12. 堀江憲路, 竹原真美, 二次イオン質量分析計におけるジルコンのPb/U比補正法の再検証, 2015年度日本地球化学会第62回年会, 横浜国立大学(横浜), 2015年9月16-18.
 13. Tani, K., Ishihara, S., Horie, K., Dunkley, D.J., Pulsed granitic crust formation revealed by comprehensive SHRIMP zircon dating of the SW Japan granitoids: Enhanced subduction of the Pacific Plate triggered the voluminous granitic magma formation? 8th Hutton Symposium on Granites and Related Rocks, Florianopolis (Brazil), 2015年9月20-25日.
 14. Tani, K., Dunkley, D.J., Hokada, T., Horie, K., Juvenile continental crustal formation in modern intra-oceanic arc and arc-arc collision zone: Critical constraints from the SHRIMP zircon U-Pb geochronology. 1st Japan-Korea SHRIMP meeting (広島大学).
 15. 谷健一郎, Gabo Jillian Aira S., 堀江憲路, 石塚治, Padrones Jenielyn, Payot Betchaida, Tejada Maria Luisa, Faustino-Eslava Decibel V., 今井亮, 荒井章司, 外田智千, Yumul Jr. Graciano P., Dimalanta Carla B., Temporal constraints for the tectonic development of the Philippine ophiolite belts from new zircon U-Pb ages. 日本地球惑星科学連合2015年大会(幕張).
 16. Tani, K., Gabo, J.A., Horie, K., Ishizuka, O., Padrones, J., Payot, B., Tejada, M.L., Faustino-Eslava, D., Imai, A., Arai, S., Yumul, G., Dimalanta, C., New constraints for the tectonic development of the western Pacific margin since the Mesozoic: comprehensive SHRIMP zircon U-Pb dating of the Philippine ophiolite belts. AGU fall meeting, San Francisco (USA), 2014年12月15-19日.
 17. 竹原真美, 堀江憲路, 谷健一郎, 吉田武義, 外田智千, 清川昌一, ジルコンのU-Pb年代および微量元素組成からみたマグマ溜りの進化過程: 石鎚コールドロンを例に、日本地質学会121年学術大会, 鹿児島大学(鹿児島), 2014年9月13-15日.
 18. Takehara, M., Horie, K., Tani, K., Yoshida, T., Hokada, T., Kiyokawa, S., Significance of external morphology and zircon chemistry for precise U-Pb zircon dating: An example from the Ishizuchi Cauldron, 7th International SHRIMP Workshop, 国立極地研究所(立川)/宇奈月国際会議場(黒部), 2014年9月26日-10月3日.
 19. Takehara, M., Horie, K., Hokada, T., Kaiden, H., Kiyokawa, S., Influence of surface condition on data quality of U-Pb zircon dating, International Goldschmidt Conference, Florence (Italy), 2013年8月25-30日.
- 〔図書〕(計0件)
- 〔産業財産権〕
- 出願状況(計0件)
- 取得状況(計0件)
- 〔その他〕
ホームページ等
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
外田 智千 (HOKADA, Tomokazu)
国立極地研究所・研究教育系・准教授
研究者番号: 60370095
- (2) 研究分担者
堀江 憲路 (HORIE, Kenji)
国立極地研究所・研究教育系・助教
研究者番号: 00571093
- 清川 昌一 (KIYOKAWA Syoichi)
九州大学・理学研究科・准教授
研究者番号: 50335999
- 谷 健一郎 (TANI, Kenichiro)
国立科学博物館・地学研究部・研究員
研究者番号: 70359206
- (3) 連携研究者 ()
研究者番号:
- (4) 研究協力者
竹原真美 (TAKEHARA, Mami)
国立極地研究所・研究教育系・特任研究員