

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24540527

研究課題名(和文) 重元素安定同位体分別メカニズムの解明と花崗岩成因解析への応用

研究課題名(英文) The mechanism of stable isotope fractionation of heavy elements and its application to granite petrogenesis

研究代表者

壺井 基裕 (TSUBOI, MOTOHIRO)

関西学院大学・理工学部・准教授

研究者番号：60411774

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：火成岩における重元素安定同位体分別のメカニズムを解明するために、東北地方の只見川花崗岩類をケーススタディとして、ストロンチウムの安定同位体分析をダブルスパイクTIMS法により系統的に行った。只見川花崗岩類は固結年代がおよそ100Maの単一のマグマが結晶分化してできた岩体であり、内部ではストロンチウム安定同位体比の大きな変動が認められた。これにはマグマ溜まり内部での斜長石の結晶分別が大きな役割を果たしていると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The Tadamigawa granitic rocks was studied as a case study to understand the mechanism of stable isotope fractionation of heavy elements within the igneous rocks. Systematic strontium stable isotope analyses were carried out with the use of double spike TIMS technique. The age of the Tadamigawa granitic pluton is c. 100 Ma and it may be derived from a single parental magma by fractional crystallization. The stable isotopic ratios of strontium within the Tadamigawa granitic rocks show a large variation. The fractionation of Sr stable isotopes of igneous rocks may be caused by the differentiation of plagioclase in the magma chamber.

研究分野：岩石学

キーワード：安定同位体 花崗岩 ストロンチウム

## 1. 研究開始当初の背景

地球科学、特に岩石学や地質学、地球化学の分野において、様々な元素の「同位体」は、岩石の年代測定やマグマの成因解析など、種々の地球科学現象を研究する上で重要な役割を果たしてきた。同位体には安定同位体と放射性同位体が存在するが、特に火成岩類の年代測定や成因解析には、放射壊変起源の同位体がよく用いられてきた。一方、安定同位体については酸素や炭素などの軽元素において、積極的に研究が行われてきたが（例えば Matsuhisa, 1979 など）、重元素の安定同位体については、変動量が微小であり、その測定の困難さから、あまり研究が行われてこなかった。ところが近年、質量分析技術の向上により、鉄やストロンチウムなどの重元素の安定同位体が測定できるようになってきた（例えば Ohno and Hirata, 2007; Heimann et al., 2008; Kimura et al., 2009 など）。火成岩や堆積岩など、様々な地球科学的試料について重元素の安定同位体比が測定されるにつれ、その値は一定では無く、安定同位体の分別が起こっていることが次第に明らかになってきた。この分別のメカニズムについて、火成岩においては結晶分別作用や流体溶離作用などが考えられるが、その詳細については明らかになっていない。そこで、単一のマグマが分化したと考えられる単純な過程で形成された花崗岩体についてストロンチウムの安定同位体比を系統的に測定することにより、重元素安定同位体の分別メカニズムについて、制約条件を与えることができるのではないかと考えられた。

## 2. 研究の目的

本研究では火成岩の中でも特に分化の進んだ岩石である花崗岩に含まれるストロンチウムの「安定」同位体について、単一のマグマの結晶分化によって形成されたと考えられる「単純な」花崗岩体において系統的に安定同位体比を測定することにより、重元素安定同位体分別のメカニズムを解明するとともに、これら重元素安定同位体を利用して、花崗岩質マグマの起源や形成過程についての情報を得るといふ、従来には無かった岩石成因解析手法の確立を目指す。さらに重元素安定同位体分別のメカニズムとして、特に「結晶分別作用」と「流体溶離作用」が与える影響について検証する。また、従来から良く研究の行われてきたストロンチウムの放射壊変起源同位体分析と今回新しく試みる安定同位体分析から得られる情報を組み合わせることにより、新奇な知見を得ることを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1)野外調査ならびに試料採取

中部地方領家帯の神原トーナライトならびに東北地方、福島県南西部に分布する只見川花崗岩類について、野外調査ならびに試料

採取を行った。また、只見川花崗岩類については露頭で Terraplus 社製の帯磁率計(KT-10)を用いて帯磁率の測定も行った。

### (2)化学分析・同位体分析

採取した試料は偏光顕微鏡による観察、蛍光エックス線分析法による、主成分元素(Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P)、微量成分元素(V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, Pb, Th)の測定、さらに誘導結合プラズマ質量分析法により、Sc と Pm を除く希土類元素(Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu)の分析を行った。また、ストロンチウムは天然に $^{84}$ 、 $^{86}$ 、 $^{87}$ 、 $^{88}$ の4つの同位体が存在するが、従来は放射壊変起源の同位体として $^{87}\text{Rb}$ の放射壊変による娘核種である $^{87}\text{Sr}$ の量が岩石や鉱物によって異なることを利用するため、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比が測定されてきた。一方、その他の安定同位体については変動は非常に小さいと考えられてきたため、あまり注目されてこなかった。本研究ではストロンチウムの安定同位体である $^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比に着目し、測定を行った。全岩試料について、ストロンチウム放射起源同位体分析とダブルスパイク法により、ストロンチウム安定同位体分析を行った。また、結晶分化作用によるストロンチウム安定同位体の分別の影響について考察するため、花崗岩からカリ長石、斜長石を分離し、それらのストロンチウム安定同位体分析を行った。

## 4. 研究成果

### (1)岩体の選定

ストロンチウム安定同位体分別機構の解明に適した花崗岩体を探すために、西南日本領家帯神原トーナライトと東北地方、福島県南西部に分布する只見川花崗岩類について、野外調査と試料採取ならびに主成分、希土類元素を含む微量成分について、全岩化学組成分析を行った。

### (2)神原トーナライト

神原トーナライトには天龍岩体、下山岩体、幡豆岩体が存在し、幡豆岩体は下山岩体に隣接して分布する。この幡豆岩体について、野外調査と蛍光エックス線分析法による全岩化学組成分析を行った結果、下山岩体と幡豆岩体は岩石化学的な特徴が異なることが明らかになった。

### (3)只見川花崗岩類

只見川花崗岩類は福島県南西部の南会津郡檜枝岐村付近に分布し、檜枝岐川花崗岩と只見川花崗岩から構成される(図1)。檜枝岐川花崗岩は優黒質であり、中粒の角閃石黒雲母花崗岩である。一方、只見川花崗岩は優白質な粗粒の黒雲母花崗岩であり、特徴的に1-2 cm程度の淡紅色の自形をしたカリ長石を含む。これらの花崗岩は、鉱物モード組成から花崗閃緑岩から石英モンソニ岩の範囲の

花崗岩類である (図 2)。

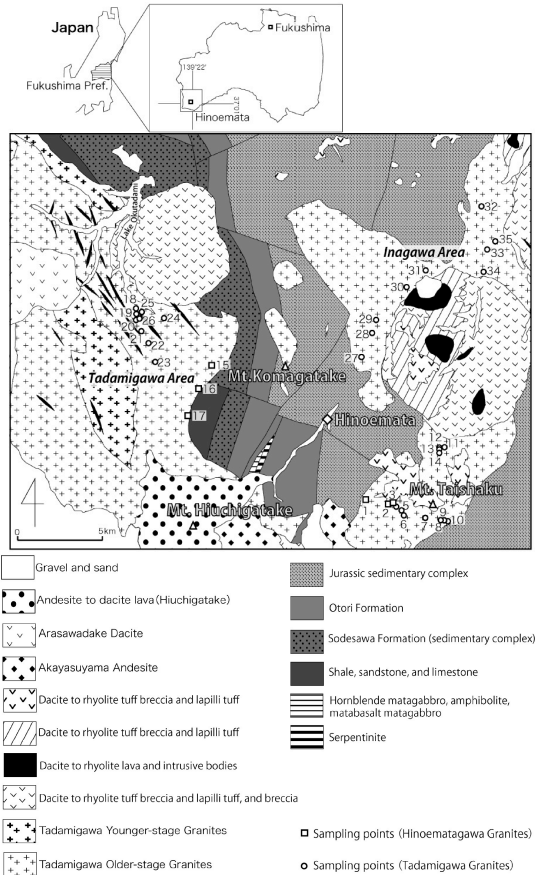


図 1 福島県南西部に分布する只見川花崗岩類周辺の地質図と試料採取地点。地質図は山元ほか (2000) による。谷岡ほか (2014) Fig.1 より抜粋。

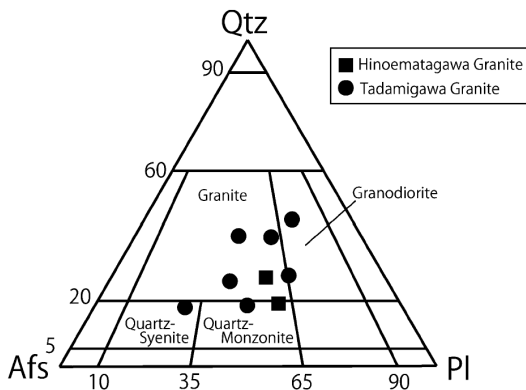


図 2 只見川花崗岩の鉱物モード組成による三角プロット図 (Streckeisen, 1976)。Qtz は石英、Afs はアルカリ長石、Pl は斜長石を示す。谷岡ほか (2014) Fig. 5 より抜粋。

また、只見川花崗岩類は、壁岩である足尾帯のジュラ紀堆積岩類に貫入している。これら只見川花崗岩類について、野外調査、帯磁率測定、ならびに試料採取を行った。SiO<sub>2</sub>量は檜枝岐川花崗岩で 59.6-69.4wt%, 只見川花崗

岩で 62.5wt%と 69.0-76.1wt%の範囲を示した。帯磁率は檜枝岐川花崗岩で  $3.27 \times 10^{-3}$ — $5.13 \times 10^{-3}$  SI (平均  $3.95 \times 10^{-3}$  SI: N=3)、只見川花崗岩で帝釈山地： $0.04 \times 10^{-3}$ — $2.15 \times 10^{-3}$  SI (平均  $0.42 \times 10^{-3}$  SI: N=18)、只見川流域： $0.12 \times 10^{-3}$ — $3.81 \times 10^{-3}$  SI (平均  $1.51 \times 10^{-3}$  SI: N=4)、伊南川流域： $0.09$ — $2.36 \times 10^{-3}$  SI (平均  $0.64 \times 10^{-3}$  SI: N=9)であった。希土類定量化学分析の結果から、CI コンドライトにより規格化した希土類元素パターンを作成したところ、Eu 異常の程度に様々な変化が認められた (図 3, 4)。

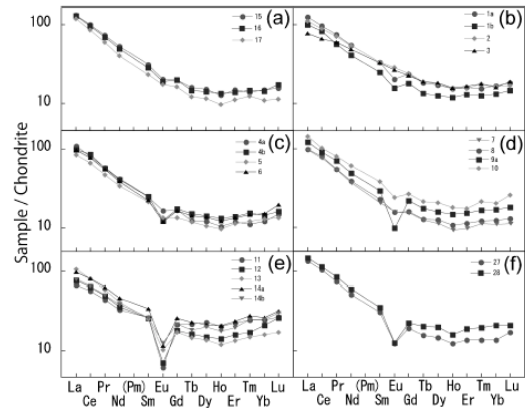


図 3 只見川花崗岩類の CI コンドライト (Anders and Grevesse, 1989) によって規格化された希土類元素パターン図。(a)只見川地域の檜枝岐川花崗岩、(b)帝釈山地の檜枝岐川花崗岩、(c), (d), (e)帝釈山地の只見川花崗岩、(f)伊南川地域の只見川花崗岩。谷岡ほか (2014) Fig.6 より抜粋。

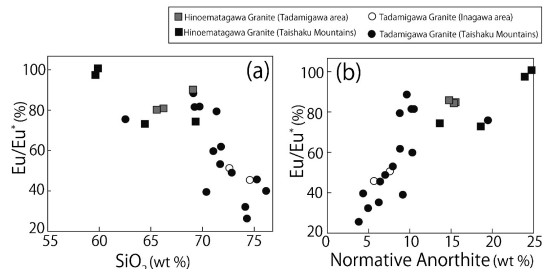


図 4 只見川花崗岩類の Eu 異常。(a)Eu 異常と SiO<sub>2</sub>のプロット。(b)Eu 異常とノルムアノーサイトプロット。谷岡ほか (2014) Fig.8 より抜粋。

#### (4)年代測定と全岩化学組成分析

只見川花崗岩の年代について、伊南村周辺において、K-Ar 黒雲母年代で 69 Ma (河野・植田, 1966; Steiger and Jäger, 1977 の壊変定数で再計算)が得られている。一方、本研究により、黒雲母の K-Ar 年代測定により、帝釈山地において檜枝岐川花崗岩が  $102.3 \pm 2.2$  Ma, 只見川花崗岩が  $102.7 \pm 2.2$  Ma, 伊南川流域の只見川花崗岩が  $89.6 \pm 1.9$  Ma,  $61.7 \pm 1.4$  Ma という結果となった (谷岡ほか, 2014)。これらのデータから、同じ岩体であるにも関わらず年代が一致しないという問題があった。そ

ここで、本研究では名古屋大学大学院環境学研究科において、レーザーアビュレーション誘導結合プラズマ質量分析法を用いて、只見川花崗岩類のジルコンについて U-Pb 年代測定を行った。その結果、 $101.5 \pm 3.5$  and  $106.1 \pm 1.1$  Ma という年代が得られた。また、Rb-Sr 全岩アイソクロン法では単一のアイソクロンを形成し、 $96.4 \pm 2.5$  Ma が得られた。以上のことから、只見川花崗岩類の固結年代はおよそ 100 Ma であり、後の熱的なイベントによって一部分が若返っている可能性が高いことが明らかになった。さらに只見川花崗岩類は、全岩化学組成分析により、ハーカー図上で単一のトレンドを形成する。(図5)

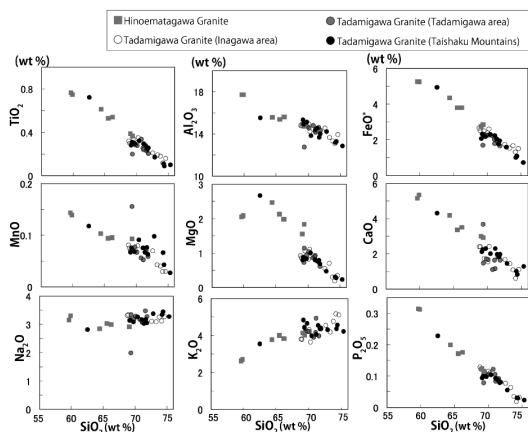


図5.只見川花崗岩類の主成分元素のハーカー図。なお、鉄については全鉄をFeO\*として表示している。谷岡ほか(2014) Fig. 2 より抜粋。

よって只見川花崗岩類を構成する檜枝岐川花崗岩と只見川花崗岩は単一のマグマが結晶分化作用によって固結し形成された岩体であり、単一花崗岩体内におけるストロンチウム安定同位体の挙動を明らかにすることに適した花崗岩体であることが判明した。以降、只見川花崗岩について重点的に同位体分析を行った。

#### (5)同位体分析

採取した岩石試料はフッ化水素酸、硝酸および過塩素酸の混合溶液により溶解し、Eichrom 社製 Sr Spec 樹脂により Sr を単離した。Sr の安定同位体組成は  $^{84}\text{Sr}$ - $^{86}\text{Sr}$  ダブルスパイク法を用いて海洋研究開発機構高知コアセンターに設置されている Thermo 社製 TRITON TIMS 質量分析装置により測定した。なお、分析結果はストロンチウム標準試料である NBS987 に対する相対比  $\delta^{88}\text{Sr}$  (下記式参照) で表示する。

$$\delta^{88}\text{Sr} = \left[ \frac{(^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{sample}}}{(^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{NBS987}}} - 1 \right] \times 10^3$$

本研究期間中の  $\delta^{88}\text{Sr}$  の再現性は  $\pm 0.02$  であった。

只見川花崗岩類の  $\delta^{88}\text{Sr}$  の値は +0.27 から -0.41 の間で大きな変動を示した。また、全岩ストロンチウムとカルシウムの濃度の減少

に伴い、 $\delta^{88}\text{Sr}$  の値が系統的に減少することが見いだされた。以上のことは、ストロンチウム安定同位体の分別がマグマだまり内部での結晶分化作用により起きている可能性を示唆し、特に斜長石が大きな役割を果たしている可能性が高いことが明らかになった。また、花崗岩から分離した斜長石とカリ長石のストロンチウム安定同位体比分析の結果から、斜長石により重い同位体が濃集する傾向も認められた。

#### (6)誘導結合プラズマ質量分析法による希土類分析手法の改良

さらに、本研究では誘導結合プラズマ質量分析装置で希土類元素を分析する際に、より簡便かつ高精度な分析を行うために、実験操作手法の改良を行った。岩石の全岩主成分、微量成分化学分析には溶融ガラスビード法による蛍光エックス線分析法を用いるが、この溶融ガラスビードは融剤に四ホウ酸リチウムを用い、アルカリ溶融法により試料を溶解、分解している。そのため、通常の酸分解よりも、希土類元素を濃集するジルコンやモナザイト、ガーネットなどの重鉱物の分解が良くなる。さらに、岩石試料を 2 g と大量に分解しているため、試料粉末の不均質による影響を抑えることができるというメリットもある。しかし、この方法で作成した誘導結合プラズマ質量分析用の試料溶液にはマトリックスに融剤起源のリチウムなどが大量に含まれており、測定元素を妨害したり装置を汚染する原因となっていた。この問題点を解決するために、試料溶液を陽イオン交換カラムに通すことにより、希土類元素のみを分離回収するシステムを構築し、簡便かつ高精度、高精度に希土類元素を分析する手法を編み出した。

#### (7)まとめ

東北地方に分布する只見川花崗岩類は、(1)全岩化学組成において、ハーカー図上で単一のトレンドを形成すること。(2)全岩 Rb-Sr 単一のアイソクロンを形成し、その年代がジルコンの U-Pb 年代(約 100Ma)と一致することにより、単一マグマの結晶分化作用によって形成されたと考えられる。また、Eu 異常の程度や  $\text{SiO}_2$  含有量など、組成の変動幅が大きく、火成岩体におけるストロンチウム安定同位体分別メカニズムの研究に適している。その固結年代は約 100 Ma であり、それより若い K-Ar 年代は後の熱イベントによる若返り年代である。只見川花崗岩体内部では大きなストロンチウム安定同位体分別が認められ、これには斜長石が大きな役割を果たしていると考えられる。

#### 参考文献

Anders, E. and Grevesse, N. (1989) Abundances of the elements: meteoric and solar. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 53, 197-214.

Heimann, A., Beard, B and Johnson, C. (2008) The role of volatile exsolution and sub-solidus fluid/rock interactions in producing high  $^{56}\text{Fe}/^{54}\text{Fe}$  ratios in siliceous igneous rocks, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 72, 4379-4396.

河野義礼, 植田良夫 (1966) 本邦産火成岩の K-A dating (IV) -東北日本の花崗岩類-. 岩鉱, 56, 41-55.

Kimura, Y., Tsuboi, M., Wakaki, S., Katoh, D., Asahara, Y., and Tanaka, T. (2009) Radiogenic and stable isotope systematics of strontium within a single granitic pluton, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 271, Supplement 1, A657.

Matsuhisa, Y. (1979) Oxygen isotopic compositions of volcanic rocks from the east Japan island arcs and their bearing on petrogenesis, *J. Volcan. Geotherm. Res.*, 5, 271-296.

Ohno, T. and Hirata, T. (2007) Simultaneous determination of mass-dependent isotopic fractionation and radiogenic isotope variation of strontium in geochemical samples by multiple collector-ICP-mass spectrometry, *Anal. Sci.*, 23, 1275-1280.

Steiger, R. and Jäger, E. (1977) Subcommittee on geochronology: concention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 36, 359-362.

Streckeisen, A. (1976) To each plutonic rocks its proper name. *Earth Sci. Rev.*, 12, 1-33.

谷岡裕大・若杉勇輝・壺井基裕 (2014) 福島県南西部只見川花崗岩類の全岩化学組成および K-Ar 年代. 岩石鉱物科学, 43, 215-217.

山元孝広, 滝沢文教, 高橋 浩, 久保和也, 駒澤正夫, 広島俊男, 須藤定久 (2000) 20 万分の 1 地質図幅「日光」, 地質調査所

#### 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 8 件)

①谷岡裕大・若杉勇輝・壺井基裕, 福島県南西部只見川花崗岩類の全岩化学組成および K-Ar 年代, 2014 年 11 月, 岩石鉱物科学, Vol. 43, p. 215-217 (日本鉱物科学会) 査読あり DOI:10.2465/gkk.130902b

②竹村建人・壺井基裕, 西南日本金剛山地に分布する葛城トータル岩の地球化学的特徴,

2014 年 7 月, MAGMA, Vol. 96, p. 31-44 (火成作用研究会) 査読あり

③Masahiro Mikuriya, Nobuyuki Nagao, Satoshi Kurahashi, Atsushi Tabuchi, Seiki Tomohara, Motohiro Tsuboi, Daisuke Yoshioka, Hiroshi Sakiyama and Akira Fuyuhiko, Mixed-Valent Tetranuclear MnIIIMnIII 3 Complex with 1,3-Diamino-2-Hydroxypropane-N,N',N'',N'''-Tetraacetic Acid, 2014 年, Chemistry Journal of Moldova. General, Industrial and Ecological Chemistry, Vol. 9, p. 100 - 105 査読あり URL:[http://www.cjm.asm.md/sites/default/files/article\\_files/Mikuriya%20100-105.pdf](http://www.cjm.asm.md/sites/default/files/article_files/Mikuriya%20100-105.pdf)

④Yosuke Masumoto, Masaki Enami, Motohiro Tsuboi and Mei Hong, Magmatic zoisite and epidote in tonalite of the Ryoke belt, central Japan, 2014 年 3 月, European Journal of Mineralogy Vol. 26, p. 279-291 (Schweizerbart Science Publishers) 査読あり DOI:10.1127/0935-1221/2014/0026-2360

⑤Hossein Azizi, Yoshihiro Asahara, Motohiro Tsuboi, Kento Takemura and Saman Razyani, The role of heterogenetic mantle in the genesis of adakites northeast of Sanandaj, northwestern Iran, 2014 年 3 月, Chemie der Erde Vol. 74, p.87-97 (Elsevier) 査読あり DOI:10.1016/j.chemer.2013.09.008

⑥ Hossein Azizi, Yoshihiro Asahara and Motohiro Tsuboi, Quaternary high-Nb basalts: existence of young oceanic crust under the Sanandaj-Sirjan Zone, NW Iran, 2014 年 1 月, International Geology Review Vol. 56, p. 167-186 (Taylor & Francis) 査読あり DOI:10.1080/00206814.2013.821268

⑦ Shunsuke Endo and Motohiro Tsuboi, Petrogenesis and implications of jadeite-bearing kyanite eclogite from the Sanbagawa belt (SW Japan), 2013 年 8 月, Journal of Metamorphic Geology Vol. 31, p. 647-661 (Wiley) 査読あり DOI: 10.1111/jmg.12038

⑧Shunsuke Endo, Simon R. Wallis, Motohiro Tsuboi, Mutsuki Aoya and Shin-ichi Uehara, Slow subduction and buoyant exhumation of the Sanbagawa eclogite, 2012 年 8 月, Lithos, Vol. 146-147, p. 183-201 (Elsevier) 査読あり DOI:10.1016/j.lithos.2012.05.010

[学会発表] (計 18 件)

①若木重行・谷岡裕大・若杉勇輝・壺井基裕・石川剛志, 火成岩類の高精度 Sr 安定同位体分析, 2014 年度日本地球化学会年会, 2014 年 9 月 18 日, 富山大学

②紅梅・榎並正樹・壺井基裕, 岐阜県西部・

貝月山花崗岩中に産する Ca に富む斜長石, 日本鉱物科学会 2014 年年会, 2014 年 9 月 19 日, 熊本大学

③若杉勇輝・谷岡裕大・壺井基裕・淺原良浩, 福島県南西部只見川古期花崗岩類の U-Pb および K-Ar 年代, 日本地質学会第 121 年学術大会 (2014 鹿児島大会), 2014 年 9 月 15 日, 鹿児島大学

④小川ひとみ・壺井基裕, 阿保花崗岩東部岩体の全岩化学組成と Sr 同位体組成, 日本地質学会第 121 年学術大会 (2014 鹿児島大会), 2014 年 9 月 14 日, 鹿児島大学

⑤坂口卓也・田原一彬・小川ひとみ・壺井基裕・玉井尚登, Pd-Ag 系ナノプレートのフェムト秒分光とコヒーレント音響フォノンダイナミクス, 日本化学会第 94 春季年会, 2014 年 3 月 29 日, 名古屋, 名古屋大学

⑥角拓也・壺井基裕・古川邦之・金丸龍夫, 熊野酸性火成岩類の全岩化学組成と含有鉱物, 日本地質学会第 120 年学術大会, 2013 年 9 月 14 日, 仙台, 東北大学

⑦小川ひとみ・壺井基裕, 近畿地方東部阿保花崗岩の全岩化学組成とその成因, 日本地質学会第 120 年学術大会, 2013 年 9 月 14 日, 仙台, 東北大学

⑧谷岡裕大・上林三四郎・壺井基裕, 東北日本只見川古期花崗岩類の黒雲母 K-Ar 年代と地球化学的特徴, 日本地質学会第 120 年学術大会, 2013 年 9 月 14 日, 仙台, 東北大学

⑨榎並正樹・榊本洋輔・壺井基裕・紅梅, 中部地方領家帯・幡豆地域神原トータル岩中のマグマ起源の緑れん石族鉱物, 日本鉱物科学会 2013 年年会, 2013 年 9 月 13 日, 茨城, 筑波大学

⑩Motohiro Tsuboi and Asaki Kimura, Infrared and Raman Spectroscopic Study of Calcite in the Contact Aureole of the Granite: A Case Study of the Kaizukiyama area, Southwestern Japan, 7th International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy, 26 Aug. 2013, Kobe Convention Center, Kobe, JAPAN

⑪清水美早・淺原良浩・壺井基裕・Azizi, Hossein, ザクロス山脈 Sanandaj-Sirjan Zone 北部のフェルシック深成岩の Rb-Sr, Sm-Nd 同位体分析, 2012 年度日本地球化学会年会, 2012 年 9 月 11 日, 九州大学

⑫角拓也・壺井基裕・古川邦之・金丸龍夫, 熊野酸性岩類の希土類元素パターンと  $Fe_2O_3/FeO$  比, 日本地質学会第 119 年学術大会, 2012 年 9 月 17 日, 大阪, 大阪府立大学

⑬竹村建人・壺井基裕, 西南日本金剛山地に分布するアダカイト質花崗岩の地球化学的特徴, 日本地質学会第 119 年学術大会, 2012 年 9 月 17 日, 大阪, 大阪府立大学

⑭原川朋矢・壺井基裕・古川邦之・金丸龍夫, 紀伊半島に分布する中期中新世凝灰岩類の全岩化学組成による比較, 日本地質学会第 119 年学術大会, 2012 年 9 月 17 日, 大阪, 大阪府立大学

⑮原川朋矢・壺井基裕, 室生火砕流堆積物とその類似凝灰岩の全岩化学組成, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 2012 年 5 月 23 日, 千葉 幕張メッセ国際会議場

⑯谷岡裕大・壺井基裕, 東北日本只見川古期花崗岩類の全岩化学組成および希土類組成, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 2012 年 5 月 23 日, 千葉 幕張メッセ国際会議場

⑰角拓也・壺井基裕, 希土類元素組成からみた熊野酸性岩類の成因, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 2012 年 5 月 23 日, 千葉 幕張メッセ国際会議場

⑱遠藤俊祐・壺井基裕, 三波川帯・五良津岩体のひすい輝石 - 藍晶石エクロジヤイトの成因と意味, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 2012 年 5 月 25 日, 千葉 幕張メッセ国際会議場

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

壺井 基裕 (TSUBOI MOTOHIRO)

関西学院大学・理工学部・准教授

研究者番号: 60411774

### (2) 研究分担者

淺原 良浩 (ASAHARA YOSHIHIRO)

名古屋大学・大学院環境学研究科・助教

研究者番号: 10281065