

## 冥王代ジルコンの $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age of Haedean zircon

兵藤 博信<sup>1\*</sup>; 佐藤 佳子<sup>2</sup>; 熊谷 英憲<sup>2</sup>; 山本 伸次<sup>3</sup>; 渋谷 岳造<sup>2</sup>; 小宮 剛<sup>3</sup>  
HYODO, Hironobu<sup>1\*</sup>; SATO, Keiko<sup>2</sup>; KUMAGAI, Hidenori<sup>2</sup>; YAMAMOTO, Shinji<sup>3</sup>; SHIBUYA, Takazo<sup>2</sup>;  
KOMIYA, Tsuyoshi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 岡山理大自然研, <sup>2</sup> 海洋研究開発機構, <sup>3</sup> 東京大学大学院総合文化研究科

<sup>1</sup>RINS, Okayama Univ. of Sci., <sup>2</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>3</sup>Dep. of Earth Science & Astronomy, Univ. of Tokyo

同じ岩石中からのジルコンの SHRIMP, LA-ICPMS による U-Pb 年代と角閃石, 雲母類の K-Ar 年代, ジルコン, アパタイトのフィッシュトラック年代を求め閉止温度から地域熱史を議論する方法は熱年代学の基本的手法として確立してきた。カリウムを含まないジルコンは、K-Ar 系年代測定では直接的対象とならない。しかしカナダ北東岸ラブラドル地域および北西準州アカスタ地域の冥王代片麻岩中のジルコンには細粒の白雲母等の鉱物や流体包有物がみられる。包有物の存在はジルコンの同位体系が流体等による二次的な擾乱を受けている可能性を示すものであり、冥王代のジルコンといえどもその影響を受けていないとは限らない。U-Pb 系に比べて熱作用に対してより敏感な K-Ar 系を使ってその影響を探ることはこれらのジルコン中の包有物の形成過程を知る上で重要である。段階加熱によって熱履歴をより詳しく検討する目的で単粒子ジルコンに対して  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  法が適用された。

中性子未照射のジルコンを段階加熱し  $^{40}\text{Ar}$  放出過程を測定したところ多くの粒子では 500-1000°C の温度領域ではあまり放出されないが、1000-1100°C を越えたフラクションで  $10^{-7}$  ccSTP/g というカリウムを含まない鉱物としては比較的多量の  $^{40}\text{Ar}$  が放出されることが分かった。そこでそれらのジルコン粒子を中性子照射し  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  測定を行った。多量の  $^{40}\text{Ar}$  ( $\sim 10^{-10}$  ccSTP) の放出に比べ、単粒子 400 マイクログラムのジルコンからの  $^{39}\text{Ar}$  は  $10^{-13}$  ccSTP 程度以下であった。誤差も同程度であるため精度の確保が課題となった。ラブラドルのジルコンからは 1000-1400°C の  $^{39}\text{Ar}$  フラクションで全体の 70% を越えて  $43.9 \pm 3.4$  億年という年代が測定された。現時点ではこの  $^{40}\text{Ar}$  がジルコンの初期的形成過程もしくは二次的事象によって捕獲された過剰アルゴンでないと判別することは出来ない。しかし過剰アルゴンでは局所的な因子が強く働くため同一地域の岩石であっても、同一の過剰アルゴン年代を示しにくい。同年代の値が複数の単粒子から測定されたこと、また 1000°C 以上という高温のフラクションで観察されることはこれらの年代が偶然的ではなく、形成時から保持されてきたことを示唆する。他地域のジルコンの結果とも併せて検討する。

キーワード: 冥王代ジルコン,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age

Keywords: Haedean zircon,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age

英国・ウェールズ-イングランド地域に露出する沈み込み型造山帯中の二つの広域変成岩帯  
Two regional metamorphic belts in assemblages of subduction-related orogens in Wales-England, U.K.

浅沼 尚<sup>1\*</sup>; 板谷 徹丸<sup>2</sup>; 藤崎 涉<sup>1</sup>; 佐藤 友彦<sup>3</sup>; 澤木 佑介<sup>1</sup>; 丸山 茂徳<sup>3</sup>  
ASANUMA, Hisashi<sup>1\*</sup>; ITAYA, Tetsumaru<sup>2</sup>; FUJISAKI, Wataru<sup>1</sup>; SATO, Tomohiko<sup>3</sup>; SAWAKI, Yusuke<sup>1</sup>; MARUYAMA, Shigenori<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学・地球惑星科学専攻, <sup>2</sup> 岡山理科大学・自然科学研究所, <sup>3</sup> 東京工業大学・地球生命研究所  
<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, <sup>2</sup>Research Institute of Natural Science, Okayama University of Science, <sup>3</sup>Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

Cryogenian-Devonian orogenic belt in the British Isles consists of accretionary complex, arc-related volcano-plutonic belt with regional metamorphic belt that have formed in relation to an oceanic-plate subduction in the Iapetus Ocean. This subduction-related orogeny plays an important role in understanding of the geotectonic history of the pre- Ordovician orogenic belt in Wales-England.

Wales-England consists of ca. 677-450 Ma calc-alkaline volcano-plutonic complexes and ca. 608-539 Ma accretionary complexes, suggesting that the subduction-related orogeny continued for ca. 200 My. Four metamorphic units related to this orogeny exist in northwest Wales. However, their metamorphic ages, except for one unit, have not been constrained yet. Therefore, we performed U-Pb dating on detrital zircon in psammitic schists and K-Ar dating on phengite in pelitic/mafic schists from the four metamorphic units in order to constrain their sedimentary and metamorphic ages, respectively.

The K-Ar analysis was carried out at Okayama University of Science, and the U-Pb ratio was determined with LA-ICP-MS at the Kyoto University. Three metamorphic units give K-Ar ages of 578-545 Ma, which overlaps the Ar-Ar age of 560-550 Ma reported by a previous work. During this metamorphic event, accretionary complex and calc-alkaline volcano-plutonic complexes also had been formed. On the other hands, one metamorphic unit, called as New Harbour Group, exhibits a younger K-Ar age of  $474 \pm 9$  Ma. The youngest U-Pb age of detrital zircons from the New Harbour Group is  $520 \pm 31$  Ma. These ages suggest that the New Harbour Group formed in the regional metamorphic event different from that of the above three units. Calc-alkaline igneous rocks of ca. 480-450 Ma exist in Wales-England, which coincide with the second metamorphic event. Therefore, we conclude that at least two regional metamorphic events occurred in the geotectonic history of Wales-England.

Keywords: British Isles, Subduction-related orogeny, Regional metamorphic belt, K-Ar phengite ages

## 北部ケニアリフト, パカ火山の Ar/Ar 年代測定による活動分析 Ar/Ar Geochronological analysis of Paka volcano, northern Kenya Rift

周藤 正史<sup>1\*</sup>; STRECKER Manfred R.<sup>1</sup>  
SUDO, Masafumi<sup>1\*</sup>; STRECKER, Manfred R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ポツダム大学地球環境科学研究所

<sup>1</sup> Univ. Potsdam, Inst. Earth Environ. Sci.

北部ケニアリフトは、大陸地溝系における若い火山性かつテクトニックな活動の最も顕著な一例である。しかしながら、異なる時代の溶岩流や、関連する火口や断層についての限られた年代情報から、リフト内におけるそのような活動について正確に評価することは困難である。今回、北部ケニアリフトに位置し、複合カルデラ盾状火山であるパカ火山を構成する溶岩流の 30 個の <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 年代測定結果を得たので報告する。

パカ火山はリフトの底面から比高 650m の山体であり、trachyte, mugearite, basalt からなる溶岩流や火砕物で 280km<sup>2</sup> が被われている (Dunkley et al., 1993)。Dunkley et al. (1993) は、4 試料の <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 年代測定から、少なくとも 0.4 Ma, 0.2 Ma, 10 ka に火山活動があったとしている。新鮮な山頂火口の地形とそれに伴うリフト伸張方向に沿う断層群の関係は、パカ火山における火山性かつテクトニックな活動が、リフト内で、特に最も年代の若い部分の変形過程に関連している可能性を示している。このような火山の噴火と断層系生成時期を知ることが、北部ケニアリフトの軸に沿うテクトニック及び火山性の活動の正確な評価のためにきわめて重要である。

今回、ポツダム大学での <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 年代測定のために、溶岩流から主に 32 試料が採取された。試料の採集は Dunkley et al. (1993) の地質図とパカ火山及び周辺の溶岩地形を考慮し、各溶岩流から得られた。各岩石から石基を濃集した物を酸処理した後、オレゴン大学 TRIGA 原子炉の CLICIT 施設で 4 時間速中性子照射した試料を、ポツダム大学で <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 年代測定を行った。CO<sub>2</sub> レーザーを用いた段階加熱の結果を年代スペクトラムとアイソクロンから十分に検討し、ほとんどの場合で精度の良い年代値が得られ、かつ Dunkley の年代値ともよく一致した。

マイナス年代を示した 2 試料を除いてトータルで 30 個の年代が得られた。それらは過去 0.6 Ma の間火山活動が続き、かつ特に 3 時期; (I) 0.428 から 0.372 Ma, (II) 0.160 から 0.126 Ma, そして (III) 0.039 から 0.012 Ma において活動が多かったことを示した (Fig. 1)。この 3 時期を基にし、全ての岩石をつぎの 3 時期に分類した; (1) 0.6 から 0.35 Ma, (2) 0.35 から 0.1 Ma, そして (3) 0.1 から 0 Ma。これに従って全岩化学組成と火山活動の空間分布を調べた。最初に Dunkley et al のいくつかの basalt が trachyte あるいは mugearite であることが分かった。また層序にも変更を要するところがあった。(1) の時期には trachyte と mugearite のみが西側のリフト底面と山体の北東側に噴出した一方、それらより若い trachyte は山体中で N-S 方向に沿って噴出した。溶岩流中に形成された多くの正断層は、(1) の時期に含まれる山体の北東方向の古い溶岩流の中のみ見られた。微量元素比の Nb/Zr は、3 時期の間で明瞭に異なる元素比を示し、マグマの組成が活動期間中に徐々に変化したことを示唆した。今回の我々の有用な年代データは、フィールドにおける断層系の観察事実ともよく合い、これからの北部ケニアリフト内の構造の発達モデルの構築に貢献することが期待される。

Reference: Dunkley P. M., M. Smith, D. J. Allen and W. G. Darling (1993): International Series, Research Report SC/93/1, 185pp, British Geological Survey

キーワード: ケニアリフト, アルゴンアルゴン年代測定, 第四紀火山岩, テクトニクス, 全岩化学組成

Keywords: Kenya Rift, Ar/Ar dating, Quaternary volcano, tectonics, whole rock chemistry

SGC51-03

会場:A04

時間:5月24日 15:45-16:00

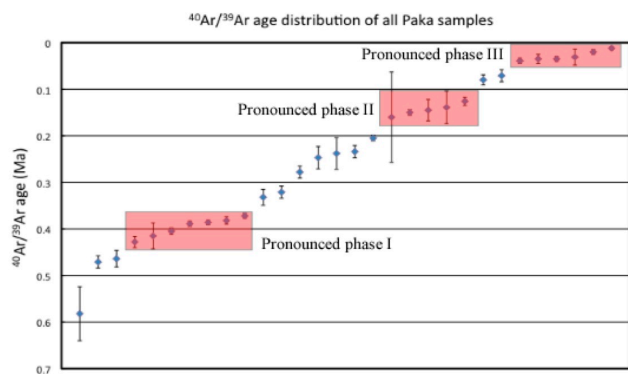


Fig 1. Distribution of  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages of Paka samples and three inferred periods of pronounced volcanic activity.

## Quantifying seawater assimilation across a single MORB pillow Quantifying seawater assimilation across a single MORB pillow

BROADLEY, Michael<sup>1\*</sup>; BURGESS, Ray<sup>2</sup>; KUMAGAI, Hidenori<sup>3</sup>; BALLENTINE, Chris<sup>4</sup>  
BROADLEY, Michael<sup>1\*</sup>; BURGESS, Ray<sup>2</sup>; KUMAGAI, Hidenori<sup>3</sup>; BALLENTINE, Chris<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Geochemical Research Center, Graduate School of Science, The University of Tokyo, <sup>2</sup>SEAES, University of Manchester, M13 9PL, UK, <sup>3</sup>JAMSTEC, Kanagawa 237-0061, Japan, <sup>4</sup>Department of Earth Sciences, University of Oxford, OX1 3AN, UK  
<sup>1</sup>Geochemical Research Center, Graduate School of Science, The University of Tokyo, <sup>2</sup>SEAES, University of Manchester, M13 9PL, UK, <sup>3</sup>JAMSTEC, Kanagawa 237-0061, Japan, <sup>4</sup>Department of Earth Sciences, University of Oxford, OX1 3AN, UK

Halogens and noble gases are critical tracers of volatile interaction between geological reservoirs. The incompatibility of the heavy halogens (Cl, Br, I) coupled with their unique elemental composition and concentrations within surface reservoirs make them suitable tracers of volatiles recycled back into the mantle [1]. However, as the halogens are concentrated within seawater and other marine reservoirs it is possible that they are also incorporated within submarine basalts during eruption, causing the original mantle volatile signature of the basalt to be overprinted [2].

This study combines halogen (Cl, Br and I), noble gas, K and H<sub>2</sub>O concentrations within a single pillow basalt to quantify the amount of seawater assimilation during eruption, and to further elucidate the mechanisms of assimilation. In order to determine the scale and heterogeneity of seawater contamination within the pillow, multiple sections taken at 2.5mm intervals were analysed along a transect from the glass rind to the crystalline interior.

The two outer sections of the glass rim show enrichment in the halogens compared to the deeper glass and crystalline section of the pillow, which have distinctly MORB-like I/Cl and Br/Cl ratios. Lower K/Cl and Br/Cl ratios measured within the outermost sections (#1 and #2) indicate the glass has incorporated a Cl rich seawater component. The H<sub>2</sub>O/Cl ratios within sections #1 and #2 show that the assimilation is a high salinity brine produced by hydrothermal boiling and phase separation of seawater caused by the eruption of the basalt.

The extent of brine assimilation within the glass ranges between 8% in section #1 to >50% in section #2 indicating brine assimilation within basaltic glasses is considerably heterogeneous. The high level of brine contamination within the glass as calculated from the halogens is in contrast with the noble gases within the glass, which still retain their magmatic signatures. This suggests that the halogen and noble gases within submarine basalts may be decoupled, with loss of atmospheric noble gases from the assimilation during hydrothermal boiling.

The crystalline interior shows an increase in the Xe and I concentration relative to the glass rim. The <sup>132</sup>Xe/<sup>36</sup>Ar ratio and elevated iodine concentrations when compared to the rest of the pillow indicate the pillow contains a sedimentary component within its interior, most likely due to incorporation of fine sediments during eruption.

Combined halogen, noble gas, K and H<sub>2</sub>O data presented here for a single pillow basalt demonstrates that contamination from the marine environment can be variable and extensive. This combined analytical approach demonstrates the need for careful characterization of samples to ensure only samples free from contamination are chosen for analysis of mantle volatiles.

[1] Sumino et al (2010) EPSL, 294, 163 - 172 [2] Kumagai and Kaneoka (1998) Geophys. Res. Lett. 25(20), 3891 - 3894

キーワード: Halogen, Noble gas, Seawater contamination, MORB  
Keywords: Halogen, Noble gas, Seawater contamination, MORB



## Ar-Ar および I-Xe 年代測定法を応用したマントル捕獲岩のハロゲン分析 Halogen analysis of mantle xenoliths by extending Ar-Ar and I-Xe dating methods

小林 真大<sup>1\*</sup>; 角野 浩史<sup>1</sup>; 長尾 敬介<sup>1</sup>; Burgess Ray<sup>2</sup>; 石丸 聡子<sup>3</sup>; 荒井 章司<sup>4</sup>; 芳川 雅子<sup>5</sup>;  
川本 竜彦<sup>5</sup>; 熊谷 仁孝<sup>5</sup>; 小林 哲夫<sup>6</sup>; 中村 美千彦<sup>7</sup>; 高橋 栄一<sup>8</sup>  
KOBAYASHI, Masahiro<sup>1\*</sup>; SUMINO, Hirochika<sup>1</sup>; NAGAO, Keisuke<sup>1</sup>; BURGESS, Ray<sup>2</sup>; ISHIMARU, Satoko<sup>3</sup>;  
ARAI, Shoji<sup>4</sup>; YOSHIKAWA, Masako<sup>5</sup>; KAWAMOTO, Tatsuhiko<sup>5</sup>; KUMAGAI, Yoshitaka<sup>5</sup>; KOBAYASHI, Tetsuo<sup>6</sup>;  
NAKAMURA, Michihiko<sup>7</sup>; TAKAHASHI, Eiichi<sup>8</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地殻化学実験施設, <sup>2</sup> 英国マンチェスター大学, <sup>3</sup> 熊本大学理学部地球環境科学講座, <sup>4</sup> 金沢大学理工学域地球学コース, <sup>5</sup> 京都大学理学研究科地球熱学, <sup>6</sup> 鹿児島大学理学部地球環境科学科, <sup>7</sup> 東北大学理学研究科地学専攻, <sup>8</sup> 東京工業大学理工学研究科地球惑星科学専攻

<sup>1</sup>GCRC, Univ. Tokyo, <sup>2</sup>SEAES, Univ. of Manchester, UK, <sup>3</sup>Dept. Earth Environ. Sci., Kumamoto Univ., <sup>4</sup>Dept. Earth Sci., Kanazawa Univ., <sup>5</sup>Inst. Geothermal Sci., Kyoto Univ., <sup>6</sup>Dept. Earth Environ. Sci., Kagoshima Univ., <sup>7</sup>Dept. Earth Sci., Tohoku Univ., <sup>8</sup>Dept. Earth Sci., Tokyo Tech

Ar-Ar および I-Xe 年代測定法を応用することにより、極微量ハロゲンの定量が可能となる。原子炉内において試料に中性子を照射すると、ハロゲン (Cl, Br, I) や K, Ca, Ba, U から特定の Ar, Kr, Xe 同位体が生成する。これらを高感度希ガス質量分析を用いて定量することにより、上記の複数の親元素を同時に定量することが可能である [1]。ただし希ガス同位体への変換率は、組成が既知の標準試料と同様に中性子照射、希ガス同位体分析して決定する。この手法によるハロゲンの検出限界は Cl, Br, I についてそれぞれ  $10^{-10}$  -  $10^{-11}$ 、 $10^{-13}$  -  $10^{-14}$ 、 $10^{-14}$  -  $10^{-15}$  mol であり、地球化学において通常用いられるような手法よりも数桁低い。

ハロゲンは F を除き、不適合元素であり水に強く濃集する性質をもつ。地球においては表層部に高濃度で存在し、マントル内での濃度は低い。また、各リザーバーにおいて大きく異なる元素組成を示す。このような性質から、ハロゲンはマントルへと沈み込む水の有用なトレーサーとなることが期待されている。また、ハロゲンは LIL (large-ion lithophile) 元素の輸送に大きく関与していることも示唆されている。島弧マグマに特徴的に多く含まれる LIL 元素は、スラブから放出される水流体とともにマントルウェッジに供給されていると考えられている。ハロゲンが水流体中に存在することで、LIL 元素は最大で 10 倍程度強く水流体に濃集することが実験的に示唆されている [2]。このようにハロゲンはスラブからマントルへ放出される流体において最も重要な元素の 1 つであり、マントル捕獲岩に含まれる流体包有物はマントルに供給された流体が持つ情報を最もよく保存していると期待される。しかし、マントル中のハロゲン濃度は低く、地球化学において通常用いられる手法での定量は困難である。そのため、マントル捕獲岩のハロゲンに関する研究例は極めて少ない。

本研究では、Ar-Ar および I-Xe 年代測定法を応用した手法を用いて、アジア東縁の沈み込み帯 (カムチャッカ、フィリピン、東北日本) やヨーロッパ (アイフェル)、北アメリカ (サンカルロス、キルボーンホール) で産出したマントル捕獲岩に含まれるハロゲンを分析した。試料から希ガスを抽出する際には、試料を物理的に破碎することにより流体包有物のハロゲン組成を、加熱熔融することにより試料全体のハロゲン組成をそれぞれ得た。

火山フロントで産出したマントル捕獲岩に含まれる、 $H_2O$  に富む流体包有物のハロゲン組成は高い I/Cl 比と比較的一定な Br/Cl 比を示し、海底堆積物中の間隙水によく似た組成である [3]。全岩組成は流体包有物の組成に比べやや Cl に富み、Cl を多く含む相が存在することを示しているが、やはり間隙水の強い寄与がみられる。間隙水的なハロゲン組成は三波川変成帯で産出したかんらん岩にも見出されていて、間隙水に由来するハロゲンが、沈み込む海洋プレート中の蛇紋石等の含水鉱物に取り込まれマントルへ沈み込んでいることが示唆されている [4]。ハロゲン濃度は低いが、同様な組成が背弧側のマントル捕獲岩にも一部みられた。ヨーロッパと北アメリカで産出したマントル捕獲岩の I/Cl、Br/Cl 比は、MORB の組成を含むような共通の相関関係を示した。

沈み込み帯でみられたハロゲン組成は、沈み込んだ海底堆積物中の間隙水起原のハロゲン [4] が火山フロント直下のマントルにおいて支配的であることを示している。また、その影響は小さいながらも背弧側まで及んでいることが示唆される。プレート内火山の活動によって地表にもたらされたヨーロッパと北アメリカのマントル捕獲岩にみられた I/Cl、Br/Cl 比の相関関係は、MORB 源マントルの組成からの分別に起因すると考えられ、これらの地域の大陸下マントルにおいてハロゲン組成を同様な傾向で変化させるメタソマティズムが起きた可能性を示している。

[1] Turner (1965) JGR 70, 5433. [2] Kawamoto et al. (2014) EPS 66, 1. [3] Kobayashi et al. (2014) JpGU Meeting 2014, SCG62-04. [4] Sumino et al. (2010) EPSL 294, 163.

キーワード: ハロゲン, 希ガス, マントル捕獲岩

Keywords: halogen, noble gas, mantle xenolith

## 伊豆小笠原弧火山岩に見られる島弧横断方向の希ガス・ハロゲン組成変動 Across-arc variation in noble gas and halogen compositions of volcanic rocks from the Izu-Ogasawara subduction zone

角野 浩史<sup>1\*</sup>; BURGESS Ray<sup>2</sup>; JEPSON Lisa<sup>2</sup>; CAVRIT Deborah<sup>2</sup>; SHIMIZU Aya<sup>4</sup>; 町田 嗣樹<sup>3</sup>; BALLENTINE Chris<sup>5</sup>  
SUMINO, Hirochika<sup>1\*</sup>; BURGESS, Ray<sup>2</sup>; JEPSON, Lisa<sup>2</sup>; CAVRIT, Deborah<sup>2</sup>; SHIMIZU, Aya<sup>4</sup>; MACHIDA, Shiki<sup>3</sup>; BALLENTINE, Chris<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 東京大学理学系研究科地殻化学実験施設, <sup>2</sup> マンチェスター大学, <sup>3</sup> 早稲田大学創造理工学部環境資源工学科, <sup>4</sup> 東京都立産業技術研究センター, <sup>5</sup> オックスフォード大学

<sup>1</sup>GCRC, Grad. Sch. Sci., Univ. Tokyo, <sup>2</sup>SEAES, Univ. Manchester, <sup>3</sup>Sch. Creative Science and Engineering, Waseda Univ., <sup>4</sup>Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, <sup>5</sup>Dept. Earth Sciences, Univ. Oxford

Recently, subducted halogens and noble gases with seawater and sedimentary pore-fluid signatures were discovered in exhumed mantle wedge peridotites and eclogites from the Sanbagawa-metamorphic belt, southwest Japan [1,2]. These findings along with seawater-derived heavy noble gases (Ar, Kr, and Xe) in the convecting mantle [3] provide observations that allow us to investigate the processes that control the return of volatile and highly incompatible elements into the mantle. Serpentinized lithosphere of subducting oceanic plates can transport noble gases and halogens acquired from pore water in the overlying sediment [1,2,4]. To verify whether and how such subduction fluids modify the composition of the mantle beneath subduction zones, we determined the noble gas and halogen compositions of olivines in arc lavas of the northern Izu-Ogasawara subduction zone and IODP sediments and basalts recovered from the northwestern margin of the Pacific plate. Trace amounts of halogens (Cl, Br, and I) in the olivine samples were measured by a combination of neutron irradiation and noble gas mass spectrometry [5].

The <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He ratios of samples from the volcanic front (Izu-Oshima, Miyakejima, Mikurajima, Hachijojima, and Aogashima) and rear-arc (Nijima, Higashi-Izu monogenetic volcanoes, Nanzaki, and en-echelon seamount chains) regions are in the range of the mid-ocean ridge basalt (MORB) value, without systematic differences among the regions. This indicates a considerably low contribution to the mantle wedge beneath the arc of radiogenic <sup>4</sup>He in the subduction fluids observed in the Sanbagawa samples exhumed from a depth ranging from 30 to 100 km [1,2].

In contrast, the <sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar ratios for each volcano (299-620) are significantly lower than the MORB source (up to 32,000 [3]), indicating significant involvement of atmospheric Ar (<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar = 296) in the magmas. Systematically higher <sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar ratios in the rear arc than in the volcanic front, and a comparison with those of subducting materials, suggest that subduction of seawater-derived Ar significantly affects the noble gas composition of the magma-generation region. A simple mass balance calculation of subducted and mantle-derived Ar isotopes reveals that higher subduction flux than that of seawater-derived Ar in the pore fluids in the subducting sediment/crust is required. The serpentinized lithosphere in the subducting slab is the best possible carrier of seawater-derived Ar with high subduction flux.

Although the halogen compositions of most of the olivines are close to that of MORB-source mantle, some samples from the en-echelon seamount chains show a significant contribution from pore-fluid-derived halogens. Combined with the noble gas results, halogen-poor fluid associated with atmospheric noble gases may be dominantly released from the subducting slab beneath the Izu-Ogasawara arc, while halogen-rich fluid significantly contributes to the magma generation region beneath some volcanoes in the rear arc.

It remains unclear whether noble gases and halogens in the subducting materials are completely released beneath the rear arc. However, the presence of seawater-like noble gases in the convecting mantle [3] implies that a small portion of seawater-dissolved atmospheric noble gases, carried in the serpentine, might be transported to greater depths in the deeper mantle.

[1] Sumino et al. (2010) Earth Planet. Sci. Lett. 294, 163-172. [2] Sumino et al. (2011) Mineral. Mag. 75, 1963. [3] Holland & Ballentine (2006) Nature 441, 186-191. [4] Kendrick et al. (2011) Nature Geosci. 4, 807-812. [5] Turner (1965) J. Geophys. Res. 70, 5433-5445.

キーワード: 希ガス, ハロゲン, 沈み込み帯, 伊豆小笠原弧, 間隙水

Keywords: Noble gas, Halogen, Subduction zone, Izu-Ogasawara arc, Pore fluid

SGC51-07

会場:A04

時間:5月24日 17:00-17:15

希ガス同位体比；太陽系形成のパラメター  
Noble gas isotopes; Solar evolution parameter

小嶋 稔<sup>1\*</sup>  
OZIMA, Minoru<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東京大学  
<sup>1</sup>University of Tokyo

太陽系の進化のリファレンス・パラメター

キーワード: 希ガス同位体, 惑星進化, 隕石  
Keywords: noble gas isotopes, planetary evolution, meteorite



## 地球外物質希ガス測定のための新しい分析方法とシステム New analytical methods and a system for noble-gas measurements of extraterrestrial materials

岡崎 隆司<sup>1\*</sup>  
OKAZAKI, Ryuji<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>九州大学大学院理学研究院

<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University

Noble gas isotopes in extraterrestrial materials, meteorites, cosmic dust (micrometeorites), and spacecraft-return samples, are one of the most useful tools of cosmochemistry. Radiogenic (e.g., <sup>40</sup>Ar, <sup>129</sup>Xe, and <sup>136</sup>Xe) and cosmogenic (<sup>21</sup>Ne, <sup>81</sup>Kr, <sup>83</sup>Kr, and <sup>128</sup>Xe) isotopes are used for dating when gases have begun to be accumulated in the relevant minerals or phases. Primordial or trapped (neither radiogenic nor cosmogenic) isotopes are informative to infer the origin of the materials. Conditions of physical processes, such as evaporation and condensation, will be discussed based on elemental/isotopic fractionation effects.

The mass spectrometry system at Kyushu Univ. consists of a conventional mass spectrometer (MS) and a resonance ionization MS, called RING (Resonance Ionization Noble Gas mass spectrometer). The conventional MS is mainly used to measure light noble gases (He, Ne, and Ar) in micro- or submicro-gram samples enriched in solar-wind noble gases, such as mineral separates from regolith breccia meteorites, Antarctic micrometeorites [1], lunar soils, and the Itokawa dust particles returned by the Hayabusa spacecraft [2]. Extraction of noble gases is performed using infrared radiation lamps for 50-200 °C and a resistant furnace (called Pot-pie furnace) for 200-2000 °C. In addition, the MS system is equipped with a Nd:YAG laser that produces energy of 200 mJ/pulse (with a 10 nsec width) at 1064 nm and a spot with ~50 μm in diameter. In the ablation of samples, plasma lights are emitted due to the high energy density of the laser pulse, and have wavelengths depending on the chemical composition of the fused area. The plasma emission spectra are measured using a LIBS (Laser-induced Breakdown Spectroscopy, e.g., [3]) system prepared for the laser extraction system. Combination of the conventional MS and LIBS enables to determine K-Ar radiometric ages for the specific areas (e.g., shock-melt veins or feldspathic phases) of polished sections. Experimental analyses using terrestrial rocks containing K-rich phases (e.g., K-feldspar) and equilibrated ordinary chondrite samples are now on going.

The RING mass spectrometer is designed to measure extremely small amounts of Kr and Xe (>100 atoms), as modeled after RELAX (Refrigerator Enhanced Laser Analyzer for Xenon) developed by the Manchester group (e.g., [4] and [5]). In our system, a dye laser equipped generates 3.5 mJ/pulse at ~216 and ~256 nm of wavelengths that ionize resonantly Kr and Xe, respectively. At this moment, we have got mass spectrum of Xe isotopes but not those of Kr yet.

In addition to the improvements and developments of instruments for noble-gas mass spectrometry, sample preparation methods have also been developed for combinational (multidiscipline) analyses for individual samples with micro- and submicro-gram masses. For example, we have performed TEM and noble gas analyses for individual micrometeorites [1] and the Itokawa dust particles [2].

References: [1] Okazaki et al. (2015) submitted to Earth Planet. Space. [2] Noguchi et al. (2015) this issue. [3] Loree and Radziemsky (1981) Plasma Chem. Plasma Process. 1, 271-279. [4] Gilmour et al. (1994) Rev. Sci. Instrum. 65, 617-625. [5] Strashnov et al. (2011) J. Anal. At. Spectrom. 26, 1763-1772.

キーワード: 希ガス, 地球外物質, 共鳴イオン化質量分析計, レーザ誘起ブレイクダウン分光装置, K-Ar 年代法

Keywords: noble gas, extraterrestrial material, resonance ionization mass spectrometry, laser-induced breakdown spectroscopy, K-Ar dating

## イトカワ試料の形態的特徴と希ガス同位体組成との関係 Relationships between morphological features and isotopic signatures of noble gases of four Itokawa particles

野口 高明<sup>1\*</sup>; 岡崎 隆司<sup>1</sup>; 光成 拓也<sup>2</sup>; 飛松 優<sup>1</sup>; 上根 真之<sup>3</sup>; 矢田 達<sup>3</sup>; 唐牛 讓<sup>3</sup>; 日高 洋<sup>4</sup>;  
木村 真<sup>2</sup>

NOGUCHI, Takaaki<sup>1\*</sup>; OKAZAKI, Ryuji<sup>1</sup>; MITSUNARI, Takuya<sup>2</sup>; TOBIMATSU, Yu<sup>1</sup>; UESUGI, Masayuki<sup>3</sup>;  
YADA, Toru<sup>3</sup>; KAROUJI, Yuzuru<sup>3</sup>; HIDAKA, Hiroshi<sup>4</sup>; KIMURA, Makoto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州大学, <sup>2</sup>茨城大学, <sup>3</sup>宇宙航空研究開発機構, <sup>4</sup>広島大学

<sup>1</sup>Kyushu University, <sup>2</sup>Ibaraki University, <sup>3</sup>JAXA, <sup>4</sup>Hiroshima University

**Introduction:** Fine-grained particles of the asteroid Itokawa preserve the effects related to the processes on and near the surface of an asteroid. Various types of surface modification were found on the very surface (<100 nm) [1-6]. The modification textures suggest that irradiation by solar wind (SW) plays an important role for their formation. Number density of solar flare tracks in them ranges from a few  $\times 10^9$  to a few  $\times 10^{10}$  tracks/cm<sup>2</sup> [2, 5], which are considerably lower than expected. These data suggest the mechanisms and periods of the surface modification of Itokawa grains are still unresolved. In addition to the SW irradiation, there seems to have been another mechanism that modified the morphology and surface features of the grains. Matsumoto et al. [3] found some Itokawa grains were aggregates composed of subgrains with stepped surfaces, which suggests evaporation and/or condensation. Noble gas mass spectrometry is another tool to infer the individual history of each Itokawa grain. Nagao et al. [7] argued that a grain experienced multiple processes: exposure to SW, burial in the regolith layer, and removal of its external surface. We intend to investigate the relationships among morphology, surface modifications, and noble gas isotopic signatures to discuss the history of each Itokawa particle from various perspectives.

**Samples and methods:** We fixed four Itokawa particles on tantalum plates by acetone-soluble glue. We observed the surface of the particles and prepared thin foils by FIB-SEM at Ibaraki University. After preparation of FIB foils, all the Ta plates with samples rinsed by acetone in a N<sub>2</sub> filled glove box. They were transferred to Kyushu University and noble gas mass spectrometry was performed for all the noble gas elements using a modified VG-5400. Noble gas extraction from each sample was conducted stepwise at 50, 100, 200, 300, 600 and 1400 °C.

**Results and discussion:** SEM observation of the four Itokawa grains investigated shows various morphology and surface features. Edges observed on the surfaces of three grains vary from sharp to dull. Additionally, one grain is composed of two subgrains with stepped surfaces. Morphology and surface features are related to the He release patterns. The three particles have similar <sup>4</sup>He release patterns; they release most <sup>4</sup>He below 200 °C fractions and a small amount of <sup>4</sup>He above 600 °C. Although the gas-release profiles are similar to each other, there is a difference in the bulk concentrations of <sup>4</sup>He; one of the three grain having dull edges contain more abundant <sup>4</sup>He than the others having sharp edges. Because bulk <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He ratios in the three grains are 2.5 to 6.5  $\times 10^{-4}$ , which is comparable with that in the solar wind of 4.57  $\times 10^{-4}$  [8], it is likely that the implanted He in the grains increased as the surfaces were degraded by solar wind sputtering. On the other hand, the grain composed of subgrains with stepped surfaces shows a different <sup>4</sup>He release pattern; <sup>4</sup>He was released only below 200 °C. This fact suggests that deeply implanted He, which is probably related to He released above 600 °C, was completely reset by severe heating. The steps on the surfaces of this grain may have been formed by evaporation and/or evaporation and subsequent recondensation by a heating event, which released He from the interior of the grain. These results strongly suggest that micrometer-size surface features are related to the amounts and the release patterns of the implanted He.

**References:** [1] Noguchi et al. (2011) Science 333, 1121-1125. [2] Noguchi et al. (2014) Meteorit. Planet. Sci. 49, 188-214. [3] Matsumoto et al. (2013) 44th Lunar Planet. Sci. Conf. abstr. #1441. [4] Thompson et al. (2014) Earth Planet. Space 66, 89-99. [5] Keller and Berger (2014) Earth Planet. Space 66, 71-78. [6] Noguchi et al. (2014) Earth Planet. Space 66, 124-134. [7] Nagao et al. (2011) Science 333, 1128-1131. [8] Heber et al. (2009) Geochim. Cosmochim. Acta 73, 7414-7432.