

ジルコン微量元素組成を用いたA-type花崗岩の判別法：高知県足摺岬花崗岩類の例

Trace element composition in zircons from A-type granitoids in the Cape Ashizuri, SW Japan: Implications for new source rock index using zircon

*鈴木 和恵¹、澤木 佑介²、浅沼 尚²、服部 健太郎³、平田 岳史³

*Kazue Suzuki¹, Yusuke Sawaki², Hisashi Asanuma², Kentaro Hattori³, Takafumi Hirata³

1.東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻、2.東京工業大学大学院 理工学研究科 地球惑星科学専攻、3.京都大学大学院 理学研究科 地球惑星科学専攻

1.Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2.Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 3.Division of Earth and Planetary Sciences, Kyoto University

Trace element composition in zircon is expected to be an important indicator of composition of host magma, especially of Hadean detrital zircons (e.g. Grimes et al., 2007). Some Hadean detrital zircons are suggested to be formed in continental crustal magma (e.g. Valley et al., 2005; Grimes et al., 2007), however, detail composition of host magma is still unveiled. Recent discoveries of granitic clast in meteorites in Early Solar System (lunar, HED and LL meteorite) showing anhydrous, alkali-rich A-type granitic affinities (e.g. Warren et al., 1983; Bonin et al., 2002; Terada and Bischoff, 2009) implies that A-type granitic rocks were present in the Hadean Earth (Bonin et al., 2007). Therefore, it is important to know trace element characteristics in zircons from A-type granite for exploring evidence of the ancient A-type granitic rocks.

To obtain primary features of trace element composition in zircons from A-type granite, we conducted *in-situ* LA-ICP-MS trace element analysis for 47 zircon grains from 4 samples of rapakivi granite, Qtz-syenite and melanocratic syenite in the Ashizuri complex. These alkalic granitoids in Ashizuri complex have characteristics of A-type granite (Loiselle and Wones, 1979) and within-plate granite (Pearce et al., 1984), and is suggested to be formed dominantly by crystal fractionation process from OIB-type basaltic magma (Stein et al., 1996).

Zircons from the Ashizuri A-type granitoids show oscillatory zoning, homogeneous dark core, disturbed texture and patchy texture in Cathodoluminescence images. Based on the typical igneous REE patterns (HREE enrichment, negative Eu anomaly and positive Ce anomaly) and its similarity each other in zircons from rapakivi granite and Qtz-syenite, it is suggested that the trace element composition of the zircons reflect those of the host magma. On the other hand, some zircons in melanocratic syenite show large variations of REE pattern and include obvious inherited cores, which imply contamination of surrounding rocks to host magma. To clarify characteristics of zircons crystallized from A-type granitic magma, we only use data from the rapakivi granite and the Qtz-syenite for comparison with previous data from other type (S-, I-, M-type) granitic rocks.

The magmatic zircons from the Ashizuri A-type granitoids show large Eu negative anomalies ($Eu/Eu^* = <0.004 - 0.070$), high Nb contents (2.85 -236 ppm), relatively high Y (423 -13520 ppm) and U contents (171 -7908 ppm), and relatively low Sr contents (0.08 -2.38 ppm). These trace element feature in the zircons probably reflect high HFSE, low Eu and Sr concentration in the host A-type granitic magma. The geochemical characteristics of the zircons from Ashizuri complex become more distinct in Eu/Eu^* , Nb/Sr, U/Sr, Y/Sr closs-plot diagram, showing lower Eu/Eu^* , higher Nb/Sr, U/Sr and Y/Sr ratio compared to those in zircons from other type granitic rocks. Previous trace element data in zircons from A-type granitoids in Delamerian Orogen, South Australia (Pankhurst et al. 2013) is also plotted on similar area to the Ashizuri A-type granitoids in Eu/Eu^* vs. Nb diagram. Because high HFSE, low Eu and Sr contents are common feature in the A-type granitic rocks, these diagrams are probably useful for distinguish zircons crystallized in A-type granite from those in other

granitic rocks.

キーワード：ジルコン微量元素組成、A-type花崗岩、LA-ICP-MS、足摺岬

Keywords: Zircon trace element composition, A-type granite, LA-ICP-MS, the Cape Ashizuri, SW Japan

日本島弧における花崗岩質岩石中モナザイトの化学組成

Geochemistry of monazite in granitic rocks from Japanese island arc

*板野 敬太¹、飯塚 毅¹、星野 美保子²*Keita Itano¹, Tsuyoshi Iizuka¹, Mihoko Hoshino²

1.東京大学大学院地球惑星科学専攻、2.(独)産業技術総合研究所

1.Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Monazite is a one of rare earth element (REE)-rich phosphate mineral and commonly occurs in pelitic metamorphic rocks and peraluminous igneous rocks (Williams et al., 2007). Geochemistry of metamorphic monazite has been intensively investigated using laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry (LA-ICPMS) and its REE pattern, especially Eu negative anomaly ($[Eu/Eu^*]_N$) and heavy REE (HREE) depletion ($[Gd/Lu]_N$), is linked to the crystallization condition (e.g., Rubatto et al., 2006). In contrast, the geochemical investigation of igneous monazite has been mainly carried out using electron-microprobe analysis (EMP) (e.g., Kelts et al., 2008). Hoshino et al. (2012) analyzed the monazites in granites and pegmatites from Japan by EMP. They found that the ratios of light REE (LREE) to middle REE (MREE) on the monazites are different between ilmenite- and magnetite- series granitic rocks, which was interpreted to reflect the different degree of differentiation. Yet, the determination of Eu and HREE abundances have not been carried out due to the interference and low-concentrations during EMP analysis. In this study, we have used LA-ICP-MS to measure Eu and HREE abundances in the monazites and examined whether Eu anomaly and HREE depletion exhibit consistent variations with LREE or not. The results of monazite REE analysis using LA-ICPMS shows distinct REE patterns between the monazites from ilmenite-series and magnetite-series granitic pegmatites. The Eu negative anomalies of the igneous monazites were significantly large ($[Eu/Eu^*]_N < 10^{-3}$) relative to those of metamorphic monazites. This feature may be used as indicator to distinguish between a monazite in pegmatite and a one in metamorphic rock. Among the monazites of the two series, the $[Eu/Eu^*]_N$ values of ilmenite-series monazites are larger by one or two orders of magnitude than those of magnetite-series monazites. The REE patterns of monazites in ilmenite-series rocks display moderate decrease from La to Gd relative to those of monazites in magnetite-series rocks; in contrast, the monazite REE patterns of ilmenite-series rocks show prominent decrease from Gd to Lu relative to those of magnetite-series rocks. These different features in REE patterns between monazites from ilmenite-series and magnetite-series would reflect the degree of differentiation and imply that the formation of ilmenite-series rocks is attributed to not only assimilation of sediments but also crystal fractionation, especially the fractionation of minerals incorporating HREEs relative to MREEs. The relatively enriched MREE and depleted HREE abundances in ilmenite-series monazite cannot be explained simply by assimilation of subducted sediments, which are enriched in both MREE and HREE (Plank and Langmuir, 1998). This inference is consistent with the differences of O, Sr and Nd isotopic features between two-series granitic rocks (Takagi, 2004). We consider that fractional crystallization of the minerals enriched in HREE relative to MREE (e.g., garnet) subsequent to sedimentary assimilation defines the characteristic monazite REE patterns of the magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks in Japanese island arc.

キーワード：希土類元素、微量元素、レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析

Keywords: REE, trace element, LA-ICP-MS

オントンジャワ海台玄武岩の強親鉄性元素多様性

Highly siderophile element variations in the Ontong Java Plateau basalts

*石川 晃^{1,2}、宇都宮 敦³、越田 湊子¹、Tejada Maria Luisa²、小宮 剛¹、鈴木 勝彦²、佐野 貴司⁴*Akira Ishikawa^{1,2}, Atsushi Utsunomiya³, Keiko Koshida¹, Maria Luisa Tejada², Tsuyoshi Komiya¹, Katsuhiko Suzuki², Takashi Sano⁴

1.東京大学、2.海洋研究開発機構、3.株式会社ジオ・コミュニケーションズ、4.国立科学博物館

1.The University of Tokyo, 2.JAMSTEC, 3.Japan Geocommunications Co. Ltd., 4.National Museum of Nature and Science

The Early Cretaceous Ontong Java Plateau is widely recognized as a product of the largest igneous activity on the Earth, and its formation and evolution has been investigated by multidisciplinary approaches in order to understand large igneous provinces (LIPs) in general. Recent geochemical studies suggest that the Ontong Java Plateau has sampled a near-primitive, less degassed deep mantle reservoir that has remained isolated from convecting upper mantle shortly after the formation of the Earth. Since such primitive reservoir is possibly only available at the base of lower mantle in the modern Earth, the plateau-forming lavas may have characteristic compositions of highly siderophile elements reflecting the deep-plume source likely influenced by core formation or core-mantle interaction. Here we report comprehensive dataset of Re-Os isotopes and highly siderophile element (HSE: Os, Ir, Ru, Pt, Pd and Re) concentrations for all three distinct geochemical types of the Ontong Java Plateau basalts. They are comprised of 11 samples of the less evolved Kroenke-type lavas (>8 wt.% MgO) from two deep sea drill sites (ODP Sites 1185 and 1187), 22 samples of the more dominant Kwaimbaita-type basalts (<8 wt.% MgO) from three drill sites (ODP Sites 1183, 1185 and 1186) and on-land exposure in Malaita, Solomon Islands and 22 samples of less voluminous Singgalo-type basalts (<8 wt.% MgO with a few exceptions) forming younger cover on the Kwaimbaita-types lavas at an ODP Site 807 and Malaita. All of Kroenke- and most of Kwaimbaita-type basalt data yield a linear array on the Re-Os isochron diagram corresponding to an age of 121.5 ± 3.1 Ma and initial $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ ratio of 0.1304 ± 0.0049 , almost identical to those reported in previous studies. Singgalo-type basalts tend to show variably radiogenic initial $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ ratios, indicating contributions of enriched components either derived from surficial environments or from radiogenic pyroxenitic source. Significant contributions of pyroxenitic source is inferred from the observation that Singgalo-type lavas have distinctively lower platinum-group element (PGE) abundances when compared with similarly evolved Kwaimbaita-type basalts, although sulfide-fractionation may have played a role on their depletions. The chondrite-normalized HSE patterns of Kroenke- and Kwaimbaita-type basalts show broadly similar IPGE-depleted and PPGE-enriched patterns typical of sulfur-undersaturated tholeiitic basalts. However, the two types can be distinguished by contrasting Os and Ru abundances (Kroenke: high, Kwaimbaita: low) probably reflecting the different degrees of olivine/spinel fractionation. Since the observed HSE fractionation trend (particularly Ir variation) is significantly different from those identified for Hawaiian picrites or Archean komatiites, further constraints on HSE behavior during magma evolution are clearly required for estimating HSE compositions of primitive magma and source mantle.

キーワード：巨大火成岩岩石区、玄武岩、白金族元素

Keywords: Large Igneous Provinces, basalt, Platinum-group elements

Os同位体比と白金族元素から見たEM-1成分の由来

Os isotope ratios and PGE abundances of the Pitcairn basalts: Implication for the EM-1 source

*仙田 量子¹、石川 晃²、羽生 毅¹、川畑 博³、高橋 俊郎⁴、鈴木 勝彦⁵

*Ryoko Senda¹, Akira Ishikawa², Takeshi Hanyu¹, Hiroshi Kawabata³, Toshiro Takahashi⁴, Katsuhiko Suzuki⁵

1.国立研究開発法人海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、2.東京大学大学院総合文化研究科、3.高知大学 理学部、4.新潟大学 理学部 地質科学科、5.国立研究開発法人海洋研究開発機構海底資源研究開発センター

1.Department of solid earth geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.Department of Earth Science and Astronomy, The University of Tokyo, 3.Faculty of Science, Kochi University, 4.Department of Geology, Niigata University, 5.Research and Development Center for Submarine Resources, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

It is widely known that subduction recycled materials are involved in producing the chemical and isotopic heterogeneities observed in oceanic island basalts (OIB). The type of recycled material present in the Enriched Mantle 1 (EM-1) source, which have radiogenic Sr, unradiogenic Nd, and unradiogenic Pb isotope compositions compared to those of depleted mantle source, has been widely debated. Oceanic crust with pelagic sediment (e.g., Chauvel et al., 1992), delaminated subcontinental lithospheric mantle (SCLM) (e.g., Hauri and Hart, 1993), subducted oceanic plateaus (Gasperini et al., 2000) and just single melting process involving pristine mantle (Collerson et al., 2010) have all been invoked as the EM-1 source. The rocks from Pitcairn hotspot are well known to have a strong EM-1 flavor. Recently, Garapic et al. (2015) suggested that the high Ti abundances in the Pitcairn basalts are possibly related to recycled pyroxenites in the Pitcairn mantle source. We have measured Os isotope ratios and major and trace element abundances including the platinum group elements (PGE) in the basalts from Pitcairn Island to elucidate the origin of the EM-1 signature of these basalts.

The Os isotope ratios for the samples with Os > 20 pg/g range from 0.135 to 0.152 and are similar to those measured in previous studies on EM-1-type basalts (~0.150 for samples with Os > 50 pg/g and ~0.180 with Os > 20 pg/g from Reisberg et al., 1993; Eisele et al., 2002; Garapic et al., 2015). The Os, Ir and Ru concentrations of the Pitcairn basalts are roughly correlated with MgO and Ni contents and tend to be lower than those of other OIB such as Hawaii and Canary Islands. Whereas Pd and Re concentration are similar to those for other OIBs. The chondrite-normalized PGE patterns of studied samples show systematic variation with or against the degree of the EM-1 flavor (e.g., decreasing of the $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ and $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ isotope ratios). Since crustal materials normally show large fractionation between I-PGE and P-PGE and the crustal materials have higher Os isotope ratios than mantle, the simple assimilation of crustal materials cannot explain our data. We carefully try to make an assumption of the source magma components to explain the genesis of Pitcairn Island basalts based on our data combined with previous studies.

キーワード：白金族元素存在度、Os同位体比、EM-1

Keywords: PGE abundances, Os isotope ratio, EM-1

南太平洋ピトケアン島におけるメルト包有物の地球化学的研究

Geochemical study of melt inclusions in Pitcairn basalts, South Pacific

*小澤 恭弘¹、羽生 毅²、岩森 光^{2,1}、浜田 盛久²、牛久保 孝行³、清水 健二³、伊藤 元雄³、木村 純一²、常 青²、石川 剛志³

*Takahiro Ozawa¹, Takeshi Hanyu², Hikaru Iwamori^{2,1}, Morihisa Hamada², Takayuki Ushikubo³, Kenji Shimizu³, Motoo Ito³, Jun-Ichi Kimura², Qing Chang², Tsuyoshi Ishikawa³

1.東京工業大学、2.海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野、3.海洋研究開発機構 高知コア研究所
1.Tokyo Institute of Technology, 2.Department of Solid Earth Geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3.Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

水や揮発性元素の存在は、マントルダイナミクスを考える上で重要であるが、マントル由来の火山岩からマントル中の揮発性元素量や分布を制約するような研究はまだ少ない。そこで、揮発性元素を保持していると考えられるオリビンメルト包有物に対して、揮発性元素と同時に主要元素、微量元素、鉛同位体比を局所分析することを試みた。南太平洋のピトケアン島に産するメルト包有物について予察的な結果を得たので報告する。ピトケアン島の火山岩の同位体組成はDMからEM1の範囲を示すが、本研究ではEM1的な岩石試料からPC-41とPC-87Aの2つの玄武岩選択し、複数の分析装置により局所分析するために50 μm 以上の比較的大きいメルト包有物を用意した。それぞれのメルト包有物は特徴が異なり、PC-41のメルト包有物には自形の単斜輝石を晶出するもの、角閃石とイルメナイトを晶出するものの2種類があった。一方PC-87Aのメルト包有物は、均質なガラスもしくは樹枝状の単斜輝石を均等に含む。分析領域は晶出した鉱物から最大限離れたガラスあるいは石基領域に設定した。始めに揮発性元素(H₂O, CO₂, F, P, S, Cl)を15 μm 径で、続いて鉛同位体を30 μm 径でSIMS(IMS 1280-HR)を用いて測定した。次にFE-EPMAにより10 μm 径で主要元素の測定を行った。最後に、LA-ICP-MSを用いて20 μm 又は30 μm 径で主要元素と微量元素について測定を行った。PC-41とPC-87AはPb同位体比に関して差はなく、全岩の同位体比と同じ範囲に入った。一方、元素組成に関しては両者に差があることが示された。MgOと他の主要元素について比較してみると、PC-87Aは全岩組成のトレンドに一致するが、PC-41は明らかにこれから外れた2つのトレンドを示す。この2つのトレンドは包有鉱物種の違いと相関していることから、メルト包有後に結晶晶出により分別したものだと考えられる。また、PC-41がPC-87Aに比べてMgOが低いことも、PC-41で分別がより進んでいることと調和的である。微量元素については、PC-87Aが全岩の組成に一致する一方、PC-41ではPC-87Aと同様の組成を持つものとそれとは異なる組成を持つものが見つかった。これは晶出鉱物や主要元素の違いとは相関を持っていなかった。そして、後者は特徴的に重希土類元素が低い値を持ち、これは高圧下でガーネットと共存していたメルトがマグマだまりに流入し、マグマだまりで組成の不均質を生じている可能性を示唆している。揮発性元素に関しては、PC-41とPC-87AでH₂O量に顕著な差が見られた。PC-87Aは0.370.81 wt.%であるのに対して、PC-41は、0.030.10 wt.%と低い値を示す。CO₂は共に脱ガスや気相への濃集の影響により元の値を保持していないと考えられる。しかし、比較的脱ガスしにくいハロゲンについては、例えばClが570-1700 ppmと高濃度であり、H₂Oや微量元素との相関も見られることからマグマの組成を反映していると考えられる。今回の分析により、PC-87Aのような急冷され均質なメルト包有物は、比較的深部の情報を保持している可能性があり、メルト包有物からマントルソースでのH₂Oや揮発性成分組成を見積もる上で有用ということが分かった。しかし、PC-41のような晶出結晶を多く含むメルト包有物は、そのH₂Oの量が脱ガスや拡散の過程で大きく減少し、メルト包有物組成から初生マグマの組成を推定することは難しいことに留意する必要がある。

マントルリザボアの成因：沈み込み帯フィルターとマントル熱進化の役割

Origin of geochemical mantle reservoirs: Roles of subduction filter and thermal evolution of mantle

*木村 純¹、Gill James²、van Keken Peter³、Skora Susanne⁴、川畑 博⁵

*Jun-Ichi Kimura¹, James B Gill², Peter E van Keken³, Susanne Skora⁴, Hiroshi Kawabata⁵

1.海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野、2.カリフォルニア大学サンタクルツ・地球惑星科学科、3.カーネギー科学研究所・地球電磁気学科、4.ETH・地球化学－岩石学研究所、5.高知大学・研究教育学部
1.Department of Solid Earth Geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Scienc and Technology, 2.Department of Earth and Planetary Sciences, University of California Santa Cruz, 3.Department of Terrestrial Magnetism, Carnegie Institution for Science, 4.Institute of Geochemistry and Petrology, ETH, 5.Research and Education Faculty, Kochi University

Upwelling mantle melts at Mid-Ocean Ridges (MOR) to form basaltic igneous oceanic crust (IOC). IOC and overlying sediment (SED) descend into the mantle at subduction zones (SZ). The IOC, SED, and overriding mantle melt to form stable continental crust (CC) after crustal-level processing, whereas the residual slab is recycled into the lower mantle. We quantitatively explore the element re-distributions at MOR and SZ using numerical mass balance models, and we evaluate their roles in the Earth's geochemical cycle. Our models of slab residues differ from previous ones by being internally consistent with geodynamic models of modern arcs and successful explanations of modern arc magma genesis, and by including element fluxes from the dehydration or melting of each underlying slab component. We find that the upper mantle potential temperature (T_p) was 1400-1650 °C from 3.5 to 1.7 Gyr before decreasing gradually to ~1300 °C today. Hot SZs with T_p ~1600 °C have a thermal structure like modern SW Japan where high-Mg andesite is formed that is like CC. Isotopically, residual IOC from hot SZ evolves to the HIMU OIB reservoir, residual SED to EMII, the residual base of the mantle wedge to EMI, and the residual top of the mantle wedge to the subcontinental lithosphere (SCLM) reservoir, after 1.7-2.5 Gyr of storage in the lower mantle. The Common (C) or Focal Zone (FOZO) reservoir is a stable mixture of the first three residues. Older recycled residues (~2.5 Gyr) form the DUPAL anomaly in the southern hemisphere, whereas younger ones (~1.7 Gyr) are in the northern hemisphere. These ages correspond to major CC forming events. We attribute the E-W heterogeneity of the depleted upper mantle (DMM) to involvement of sub-Gondwana SCLM except in the Pacific.

キーワード：マントルリザボア、沈み込み帯フィルター、マントル熱史

Keywords: Mantle reservoir, Subduction zone filter, Thermal evolution of mantle

状態変化時に形成される炭素含有物：地球・月・隕石

Carbon-bearing materials formed by state-change: Earth, Moon and Meteorites

*三浦 保範¹

*Yasunori Miura¹

1.客員（山口市、国内外大学）

1.Visiting (Yamaguchi, In & Out Universities)

はじめに：

揮発性元素は、水惑星地球と生命体において、マクロで三状態変化して安定的に継続化を進めている。しかし高温高压の極限状態時の反応は、液体状態が発生しても、観測が一般に困難である。本研究では、極限状態時でも残存する炭素について、地球内外天体での炭素含有流体の固化モデルを提案する。

地球の各種岩石中の炭素含有量：

地球の代表的な岩石（日本中心）の炭素含有量測定（XRF）を行い、そのうち有意な炭素含有量を示す岩石（深成・火成）を選び出した。その結果、火山岩（急冷）が深成岩（徐冷）より多いこと、白い珪長質より黒っぽい苦鉄質・超苦鉄質に多いこと等が得られた。これは、有色鉱物に比例して炭素量の多くなっていることが新たに得られた。

月面岩石試料の炭素含有量：

月面試料は米国アポロ試料の報告値を使用した。月面に炭素が破碎岩に多いのは、月外隕石由来が原因と説明されている。本研究では、月面試料は、鉱物種の相違より、破碎岩に多く、衝突破壊の少ない玄武岩は最も少ないことが説明できる。これは、月面での衝突反応でできた破碎岩ほど炭素含有量が多いことを示す。

隕石試料の炭素含有量と流体の固化組織：

コンドライト隕石の炭素含有量から、普通コンドライトより炭素質隕石に、炭素と水の含量が多いことが報告されている。これは、本モデルからは、揮発性分子（水・炭酸ガス）が極限条件（衝突）で多く発生して、コンドルールを取り込んだ宇宙創世期の炭素質物質であることを示す。隕石では、流体状態が衝突生成時に急冷固化して目視できないが、その後石基（非晶質）となって斑晶状粒子を結合した流体固化組織を示す。

レーザー溶融による流体固化実験：

筆者は、ターゲット岩石にレーザー照射実験を行い、発生した流体状態が固化した岩石組織を生成した。これは、流体水がレーザー照射後に、流体液相が急冷固体化されてことを示す。これは、衝撃時に炭素含有分子が急冷固化して残存していることを示す。

地球・月・小惑星における炭素含有物質の衝撃生成：

極限状態の隕石衝突（地球・月・小惑星）等で炭素含有物が流体固定化して残存している。地球では、火山・地震等の衝撃波で、炭素の分離固化と状態変化が促進する現象を示す。地球の大量の水や炭酸ガスの生成には、このモデルから惑星間大衝突が必要なことを示す。

まとめ：

極限状態時でも残存する炭素固化物について、創成期の地球・月・隕石小惑星等の衝突時の流体固化によるモデルを提案し、試料分析、炭素報告値、電顕観察そしてレーザー衝撃実験などからその物質が説明確認できた。本結果は、地球や地球外天体での炭素や流体分子（炭素等）の衝撃波生成を新たに説明できることを示す。

キーワード：状態変化、炭素含有物、地球・月・隕石

Keywords: State-change, Carbon bearing-materials, Earth, Moon and Meteorites

CO₂-H₂Oを含むカンラン岩の部分融解実験：リンの無機供給源としてのカーボナタイトの成因
Partial melting experiments of CO₂-H₂O-bearing peridotite: Genesis of carbonatite as an inorganic source of phosphorus

小澤 亜耶¹、*小木曾 哲¹、河上 哲生¹
Aya Ozawa¹, *Tetsu Kogiso¹, Tetsuo Kawakami¹

1.京都大学
1.Kyoto Univ.

リンは生体必須元素の一つである。地球表層においては、リンは難溶性かつ難揮発性であるため、生物が利用しているリンの究極の供給源は固体地球であると考えられる。したがって、固体地球からのリン供給メカニズムおよびその変遷は、地球における生命の誕生と進化に大きな影響を及ぼしたはずである。現在の地球で固体地球から供給されるリンの大半は、大陸に露出する岩石の風化・浸食によるものであると考えられている。しかし、生命が誕生した頃の初期地球にどんな種類の大陸がどれほどの量で存在していたかは明らかではなく、初期地球における主要なリンの供給源を特定することは難しい。

一方、地球上には、平均的な大陸よりはるかにリンを多く含む岩石が存在する。そのなかでもカーボナタイトは、最大で10 wt.%を越えるP₂O₅を含む。カーボナタイトの存在量は非常に少ないが、炭酸塩鉱物から構成されているため、珪酸塩主体の通常の岩石より風化しやすい。したがってカーボナタイトは、地球史を通じて生物圏に大きな影響を与える得る量のリンを供給してきた可能性がある。カーボナタイトの成因については、CO₂ (±H₂O) を含むカンラン岩が2GPaより高圧で部分融解することによって生成されることが実験的に示されている。しかし、そのような条件で生成されるメルトにどの程度のリンが濃集するのかについては明らかでない。そこで本研究では、始原的マントル組成のカンラン岩についてCO₂ + H₂O飽和条件での高圧部分融解実験を行い、マントルで生成されるカーボナタイトメルトへのリンの濃集度を明らかにした上で、天然のカーボナタイトにみられるリンの濃度を実現するプロセスについて検討した。

実験には、始原的マントル組成をもつKLB-1カンラン岩に10 wt.%のシュウ酸を加えた出発物質を用いた。ピストンシリンダー装置を用いて2.5 GPa・1100~1250℃の温度圧力条件で部分融解実験を行い、得られた実験生成物の化学組成をEPMA装置およびSEM-EDS装置を用いて分析した。その結果、1150℃でSiO₂濃度が4 wt.%以下のカーボナタイトメルトが、1200℃でSiO₂濃度が32 wt.%の珪酸塩メルトが生成された。1150℃で生成されたカーボナタイトメルトのP₂O₅濃度は0.15 wt.%であった。マスバランス計算から求められた部分融解度 (~10 wt.%) を基に計算されたリンの全岩分配係数は0.11であった。この値を用いて、より低い部分融解度でカーボナタイトが生成された場合のP₂O₅濃度を求めると、最大でも0.3 wt.%程度であり、天然のカーボナタイトにみられるような高い値にはならない。このことは、リンに濃集したカーボナタイトが生成されるには、始原的マントルの部分融解に加えて、何らかのリン濃集過程が必要であることを示している。その可能性の一つとして、マントルで生成されたカーボナタイトメルトの交代作用によって周囲のマントルにリンが濃集し、その部分が後から上昇して来たメルトによって再溶融する、という過程が考えられる。この過程には、通常のマントル地温勾配より低い温度でCO₂がマントルに十分に供給される必要があるが、それは初期地球の沈み込み帯で実現可能である。その詳細については発表時に議論する。

キーワード：高圧実験、カーボナタイト、リン

Keywords: high pressure experiment, carbonatite, phosphorus

海洋地殻の融解と堆積物の融解がマンツルの不均質性に果たす役割

Effect of duplex slab melting for the production of mantle heterogeneity: implications from Sr, Nd and Pb isotope geochemistry for Aono volcanic groups in the SW Japan arc

*下田 玄¹、新正 裕尚²、小木曾 哲³、石塚 治¹、山下 勝行⁴、吉武 美和⁵、伊藤 順一¹、小笠原 正継¹
*Gen Shimoda¹, Hironao Shinjoe², Tetsu Kogiso³, Osamu Ishizuka¹, Katsuyuki Yamashita⁴, Miwa Yoshitake⁵, Jun'ichi Itoh¹, Masatsugu Ogasawara¹

1.産業技術総合研究所、2.東京経済大学経営学部、3.京都大学人間・環境学研究科、4.岡山大学大学院自然科学研究科、5.工学院大学

1.Geological Survey of Japan, AIST, 2.Faculty of Business Administration, Tokyo Keizai University, 3.Graduate School of Human and Environmental Studies, 4.Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 5.Tokyo Urban Tech

The early continental crust is characterized by the existence of tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG), thought to have formed in subduction zone either by melting of subducted oceanic crust or melting of thickened oceanic crust due to imbrication and accretion of oceanic crust. In the early '90s, modern equivalents of TTG were given the name "adakites", following the definition of magmas from Adak Island. As the adakites closely relate to hot subduction zones, they are considered to be products of slab melting. In addition to the oceanic crust, sediments are important constituents of the subducted slab. As the sediments have lower solidus temperature than the oceanic crusts, the sediments could melt before or during the adakite productions. If this is the case, both subducted oceanic crust and sediments could have melted beneath hot subduction zones. As melts can effectively remove incompatible elements from slab, melting of oceanic crust and sediments would profoundly affect how the mantle heterogeneity has evolved throughout the Earth's history. The SW Japan arc is characterized by active subduction of a relatively young (15-26 Ma) segment of the Philippine Sea plate, Shikoku basin, beneath the Eurasian plate and is known for the occurrence of adakites on the quaternary volcanic front. It is also likely that this subduction was accompanied by melting of sediments to induce the Miocene forearc volcanism. Hence, the SW Japan arc should be a suitable example to evaluate the role of melting of oceanic crust and sediments. In this paper, we will present new results of isotopic and trace element analyses of adakites from Aono volcanic group in the SW Japan and discuss behavior of the subducted crustal material at hot subduction zone.

陽・陰イオン交換樹脂とMC-ICP-MSに基づくMo同位体分析

Molybdenum isotope analysis using anion and cation exchange resins and MC-ICP-MS

*後藤 孝介¹、下田 玄¹、青木 翔吾²、石川 晃²

*Kosuke T. Goto¹, Gen Shimoda¹, Shogo Aoki², Akira Ishikawa²

1.産業技術総合研究所、2.東京大学大学院総合文化研究科

1.Geological Survey of Japan, 2.University of Tokyo

In the past 15 years, molybdenum stable isotope ($\delta^{98/95}\text{Mo}$) has become a valuable tool for assessing plaeo-ocean redox conditions (Arnold et al., 2004 Science; Dahl et al., 2010 PNAS). To measure Mo isotopic compositions in Fe and Mn rich samples, we conducted (1) chemical purification of reference Mn nodules (JMn-1, Nod P-1, and Nod A-1) by two-stage of ion exchange chemistry (AG1X-8 and AG50WX-8)(Barling et al., 2001 EPSL; Gordon et al., 2009 Geology), and (2) isotope measurements of spiked Mo standard solutions (NIST 3134 and Alfa Aesar Specpure standard solution), using multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry (MC-ICP-MS, Thermo Fisher Scientific Neptune) at Geological Survey of Japan. The yields during the column chemistry were better than 95%. Although isobaric interferences on Mo masses are possible from Fe (or Fe argide), Zr, and Ru (Siebert et al., 2001 G-cubed; Malinovsky et al., 2005 Int. J. Mass Spectrom.), their concentrations in the purified samples were comparable to our chemical procedural blank values. The difference in $\delta^{98/95}\text{Mo}$ between NIST 3134 and the Alfa Aesar standard solution was $0.17 \pm 0.14\%$. The observed offset was consistent with previously reported values ($0.12 \pm 0.11\%$; Greber et al., 2012 Geostand. Geoanal. Res.). Hence, accurate and high precision Mo isotope measurements of Fe-Mn oxides are possible using the anion and cation exchange resins and MC-ICP-MS. In the presentation, we will also report new $\delta^{98/95}\text{Mo}$ data of hydrothermal Mn and Fe crusts based on this method.

キーワード：モリブデン

Keywords: Molybdenum