

生駒はんれい複合岩体における岩石学的特徴とマグマプロセス Petrogenesis and magmatic process of the Ikoma gabbroic complex in Kinki district, southwest Japan

小泉 奈緒子^{1*}, 奥平敬元¹, 小川大介¹

Naoko Koizumi^{1*}, Takamoto OKUDAIRA¹, Daisuke OGAWA¹

¹ 大阪市立大学

¹Osaka City University

生駒山地は、大阪府と奈良県の県境に位置し、西南日本における苦鉄質岩体としては最大規模のはんれい岩体が分布している。この生駒はんれい岩類は、周囲に分布する中間質～珪長質の久安寺石英閃緑岩および福貴畑トータルと成因的に密接な関係が認められ、生駒はんれい複合岩体はこれらの岩体によって形成される。本講演では、生駒はんれい複合岩体における全岩化学組成および鉱物化学組成から、そのマグマプロセスについて考察を行う。

全岩化学組成変化において、はんれい岩類のうち $\text{SiO}_2 < 48\text{wt.}\%$ 以下のものは SiO_2 が、ほぼ一定の含有量で各主要酸化物は大きな組成変化を示す。この組成変化トレンドの端成分は、生駒はんれい岩類中に含まれる斜長石 (An_{91}) の組成に一致する。また、生駒はんれい岩類中には、鏡下観察において集積組織が見られるものがあり、さらに、斜長石のモード組成と全岩組成における CaO 含有量に相関が見られることから、生駒はんれい岩類の SiO_2 含有量 $< 48\text{wt.}\%$ における全岩組成変化トレンドは、斜長石の集積・分別作用が大きく影響していることが示唆される。 $\text{SiO}_2 > 48\text{wt.}\%$ の組成領域のものは、主要酸化物および Rb , Sr が SiO_2 含有量の変化に伴って直線的な組成変化トレンドを示す。このトレンドについて、MELTS プログラム (Ghiorso and Sack, 1995) を用いて結晶分化シミュレーションを行った。その結果、メルト組成において、 SiO_2 含有量の変化に伴う主要酸化物の変化トレンドは $\text{FeO}^{\text{total}}$ や CaO 含有量では、久安寺石英閃緑岩および福貴畑トータル岩の組成トレンドによく一致したが、 MnO や K_2O ではそのトレンドが大きく異なった。また、82Ma における Sr 同位体初生値と SiO_2 含有量の間には、弱いながらも正の相関がみとめられた。以上のことから、これらの岩体においては、より珪長質で Sr 同位体初生値の高いマグマや地殻物質との混合が大きな影響を与えていると考えられる。生駒はんれい複合岩体と同時代に活動した信貴山花崗閃緑岩、高安山花崗岩、鳴川花崗岩は、生駒はんれい複合岩体中に貫入しており、この岩体の全岩化学組成および Sr 同位体初生値は、久安寺石英閃緑岩および福貴畑トータル岩の組成トレンドの珪長質端成分に位置する。また、苦鉄質端成分は、はんれい岩類の組成トレンドの線分上に位置している。このことから、生駒はんれい岩類における斜長石の集積・分別が起こった後、その残渣のマグマが鳴川花崗岩などの珪長質マグマと混合したことによって久安寺石英閃緑岩および福貴畑トータル岩の組成トレンドが形成されたと考えられる。

Ghiorso, M.S., and Sack, R.O. (1995) MELTS: Software for the thermodynamic analysis of phase equilibria in magmatic systems. GSA Abst. with Prog., 25, A96.

キーワード: 領家帯, 苦鉄質岩類, マグマプロセス, 地球化学

Keywords: Ryoke belt, mafic rock, magmatic process, geochemistry

東北日本只見川古期花崗岩の $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 比および K-Ar 年代 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ ratios and K-Ar ages of the Tadamigawa granitic rocks, northeastern Japan

谷岡 裕大^{1*}, 上林 三四郎², 壺井 基裕²

Yudai Tanioka^{1*}, UEBAYASHI, Sanshiro², Motohiro Tsuboi²

¹ 関西学院大学理工学研究科, ² 関西学院大学理工学部化学科

¹Sci. Tech., Kwansai Gakuin Univ., ²Sci. Tech., Kwansai Gakuin Univ.

The early Paleogene Tadamigawa granitic rocks are located around Hinoemata village in the southwestern part of Fukushima prefecture, northeastern Japan. The granites are divided into two rock types, the Tadamigawa granite and the Hinoematagawa granite. The Hinoematagawa granite is medium-grained biotite-hornblend granite. The Tadamigawa granite is coarse-grained biotite granite and it is characterized by the phenocryst of K-feldspar. On the field occurrence, the Tadamigawa granite intrudes into the Hinoematagawa granite. Because these granites are located at high-mountain area, precise field research has not been attempted. In this study, 7 samples of the Hinoematagawa granite and 34 samples of the Tadamigawa granite were analyzed for major, minor and REE compositions by XRF and ICP-MS, respectively. Moreover, we obtained K-Ar ages of biotite isolated from both granites, and $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ ratios by titrimetry with potassium permanganate.

SiO_2 contents of the Hinoematagawa granite and the Tadamigawa granite range from 59.6 to 69.4 wt.% and from 62.8 to 74.6 wt.%, respectively. K-Ar ages of the Hinoematagawa granite and the Tadamigawa granite are 102.3 Ma and 102.7 Ma, respectively. These ages are much older than 67 Ma of the previous K-Ar age data obtained by Kawata and Ueda (1966). Both of granites may be formed at same time by Cretaceous igneous activity and generated from the same magma origin because they show similar trend on the Harker's diagram. Those granites are I type because almost all samples show low degree of alumina-saturation ($A/\text{CNK} < 1.1$). REE abundance patterns of all samples normalized by chondrite show high-LREE pattern. Many samples show negative Eu anomaly ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.24-1.01$), and the value of Eu anomaly increase with decreasing anorthite content calculated by CIPW norm. The value of Eu anomaly might be concerned with the crystallization differentiation of the original magma. The large Eu anomaly of the Tadamigawa granite shows much differentiation of the granitic magma. The anomaly is caused by the differentiation of anorthite in the Tadamigawa granite. The Hinoematagawa granite shows low $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ ratio (0.28-0.39). It may be generated from the magma which has low oxygen fugacity.

キーワード: $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 比, K-Ar 年代, 希土類, 花崗岩, 只見川, 檜枝岐

Keywords: $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ ratio, K-Ar age, REE, Granite, Tadamigawa, Hinoemata

東北日本弧背弧側，第四紀鳥海火山に産するソレイト系列とカルクアルカリ系列の成因

Generation of TH and CA suite magmas at Chokai volcano in the NE Japan rear-arc

高橋 俊郎^{1*}, 平原 由香¹, 木村 純一¹, 林 信太郎³, 中野 俊⁴, 常 青¹, 宮崎 隆¹, 仙田 量子¹, 巽 好幸⁵

Toshiro Takahashi^{1*}, Yuka Hirahara¹, Jun-Ichi Kimura¹, Shintaro Hayashi³, Shun Nakano⁴, Qing Chang¹, Takashi Miyazaki¹, Ryoko Senda¹, Yoshiyuki Tatsumi⁵

¹ 海洋研究開発機構, ² 山形大学, ³ 秋田大学, ⁴ 産業技術総合研究所, ⁵ 神戸大学

¹JAMSTEC, ²Yamagata Univ., ³Akita Univ., ⁴AIST, ⁵Kobe Univ.

The Quaternary Chokai volcano is located in the rear-arc side of the NE Japan arc. Chokai volcano is a typical stratovolcano and the eruption activities are classified into Stages 1, 2, and 3 (Hayashi, 1984; Ban *et al.*, 2001). Stage 1 lavas are olivine two-pyroxene basalt to two-pyroxene andesite, and the lavas contain phenocrystic minerals in equilibrium with the host magmas with occasional dusty plagioclase, which exhibits disequilibrium. An-contents (An%) of the plagioclase phenocryst cores show unimodal distribution, and An% decreases with increasing SiO₂ in the host lavas (An₉₀₋₈₀ for basalts, An₇₀₋₅₀ for andesites). Stage 2 lavas are mostly amphibole-bearing olivine two-pyroxene andesite with a small amount of olivine two-pyroxene basalt. Stage 3 lavas are olivine two-pyroxene andesite. Most of the plagioclase phenocrysts in the Stage 2 and 3 lavas possess dusty zones or sieve textures. An% in these plagioclase cores exhibits wide range (An₅₀₋₈₀). Bulk-rock compositions of the Chokai lavas plot near the boundary between high-K and medium-K. On the FeO*/MgO vs. SiO₂ diagram, the Stage 1 lavas fall on tholeiitic (TH), whereas the Stage 2 & 3 lavas fall on calc-alkaline (CA) fields. The Stage 2 & 3 lavas collectively show straight trend on MgO vs. SiO₂ plots and MgO content is higher than those in the Stage 1 lavas. Sr isotope compositions of the Stage 1 lavas gently increase with increasing SiO₂ (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = 0.70303 - 0.70341) contrasting to the steep increase shown by the Stage 2 & 3 lavas (0.70288 - 0.70342). The Stage 1 geochemical trends can simply be explained by fractional crystallization of a basalt magma with minor crustal assimilation. The Stage 2 & 3 trends can be generated by mixing between basaltic and felsic magmas. The Stage 1 parental basalt magma differs from the Stage 2 & 3 basalt mixing end-member, chemically and isotopically. The petrological and geochemical characteristics of the Chokai TH (Stage 1) and CA (Stage 2 & 3) suite magmas are similar to those in the Zao and Azuma TH and CA suite magmas found at the volcanic front of the NE Japan arc. Tatsumi *et al.* (2008) and Takahashi *et al.* (2012) have argued that the TH basalt with radiogenic Sr was formed by melting of the lower crustal amphibolite, whereas CA basalt with unradiogenic Sr was formed by magma mixing between a mantle derived-basalt and a felsic magma generated from the TH basalt by fractional crystallization. The same mechanism would explain the TH and CA suite magmas at Chokai. The Sr isotopic composition of the Stage 1 TH lavas overlaps with that of amphibolite xenoliths from lower crustal depth beneath Ichinomegata volcano (0.7032 to 0.7051; Yamamoto and Takeda, 2008). The geochemical features of the xenoliths and the TH basalt suggest that the Stage 1 TH basalt can be formed by melting of the amphibolite.

Keywords: rear-arc, tholeiitic series, calc-alkaline series, Sr isotope ratio

硫黄・ハロゲンの中央海嶺からのフラックスと地球表層における物質循環の推定 Estimation of fluxes at mid-ocean ridges and geochemical cycles on the Earth's surface of sulfur and halogens

鹿児島 渉悟^{1*}, 佐野 有司¹, 高畑 直人¹, マーティン ベルナード²
Takanori Kagoshima^{1*}, Yuji Sano¹, Naoto Takahata¹, Bernard Marty²

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² フランス国立科学研究センター

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, ² Centre national de la recherche scientifique

【はじめに】

地球表層の揮発性元素の大部分は固体地球内部からの脱ガスによって蓄積してきたことが知られている。その脱ガス様式に制約条件を与えるために希ガスをトレーサーとする研究が行われてきた。大気中アルゴンの大部分が地球形成初期に蓄積したことが示された [1] ほか、固体地球内部と表層の間のフラックス（輸送速度）が明確なヘリウム-3 (³He) との比較で炭素や窒素の物質循環が推定され [2, 3]、地球表層環境の形成史に制約条件を与えた。一方で、化学的反応性が高く地球表層で多様な化合物を形成し環境に強く影響する硫黄・ハロゲン（フッ素・塩素）の物質循環に関する知見は不十分である。特に、火山活動に伴う物質輸送が盛んな中央海嶺における硫黄・ハロゲンのフラックスは MORB（中央海嶺玄武岩）の急冷ガラスに保持される上部マントル由来のマグマの組成から推定されてきたが、それらは過大評価であり [4]、より正確な推定が必要である。そのためには、ケイ酸塩メルトの成分だけでなく熱水として放出される成分も考慮すべきである。本研究では、MORB ガラスの気泡・固体部分にそれぞれ保持される熱水・メルト成分（図 1）の組成を決定し、それらの寄与を別々に考えることで硫黄・ハロゲンの中央海嶺フラックスを推定して地球表層環境の形成史に制約条件を与えることを目的とした。

【手法】

東太平洋海膨の 2 か所、大西洋中央海嶺の 2 か所、中央インド洋海嶺の 2 か所で採取された MORB の急冷ガラスを分析した。気泡中の揮発性元素を凍結破砕法 [5] で抽出し、³He 濃度を希ガス用質量分析計（VG-5400）で、硫黄・ハロゲン濃度をイオンクロマトグラフィー（ICS-2100）で測定した。また、固体部分の硫黄・ハロゲン濃度を二次イオン質量分析計（NanoSIMS 50）で測定した。さらに、硫黄・ハロゲンの ³He に対するモル濃度比を計算し、硫黄・ハロゲンのフラックスを既知の ³He フラックス（527 mol/yr [6]）で規格化して推定する手法 [2, 3] を用いた。濃度比を用いれば試料毎の空隙率の違いによる元素濃度の変動を考えなくてよい。

【結果と考察】

MORB ガラスの気泡中の ³He 濃度は $(1.8-6.3) \times 10^{-15}$ mol/g であった。また、硫黄・フッ素・塩素の ³He に対するモル濃度比の全球平均値は、気泡成分についてはそれぞれ $(4.2 \pm 1.6) \times 10^7$, $(1.4 \pm 0.7) \times 10^6$, $(2.6 \pm 1.0) \times 10^7$ となり、全岩成分についてはそれぞれ $(0.3-1.2) \times 10^{10}$, $(1.6-6.5) \times 10^9$, $(0.7-3.0) \times 10^9$ となった。これらの比と ³He の中央海嶺フラックスから、硫黄・フッ素・塩素の中央海嶺フラックスはそれぞれ $(2.2 \times 10^{10}-6.6 \times 10^{12})$ mol/yr, $(7.1 \times 10^8-3.4 \times 10^{12})$ mol/yr, $(1.4 \times 10^{10}-1.6 \times 10^{12})$ mol/yr と推定された。中央海嶺フラックスの本研究値と、火山弧フラックス・沈み込み帯でのリサイクル速度・大陸地殻への付加速度とを比較してマスマバランスを考えたところ、気泡（熱水）成分の寄与が大きい場合の低い中央海嶺フラックスが継続した場合、硫黄の地球表層への蓄積量は表層存在度の 0.02 倍となり、ハロゲンはリサイクル速度が優位になるため地球表層に蓄積しないことが計算された。これは硫黄・ハロゲンのような化学的反応性の高い揮発性元素の大部分が、地球形成初期に表層へと蓄積した可能性を示唆する。

【参考文献】

[1] Hamano Y. and Ozima M. (1978) Terrestrial Rare Gases, 155-171, Japan Scientific Societies Press. [2] Marty B. and Jambon A. (1987) Earth Planet. Sci. Lett., 83, 16-26. [3] Sano Y. et al. (2001) Chem. Geol., 171, 263-271. [4] Tajika E. (1998) Geophys. Res. Lett., 25, 3991-3994. [5] Kagoshima T. et al. (2012) Geochem. J., 46, e21-e26. [6] Bianchi D. et al. (2010) Earth Planet. Sci. Lett., 297, 379-386.

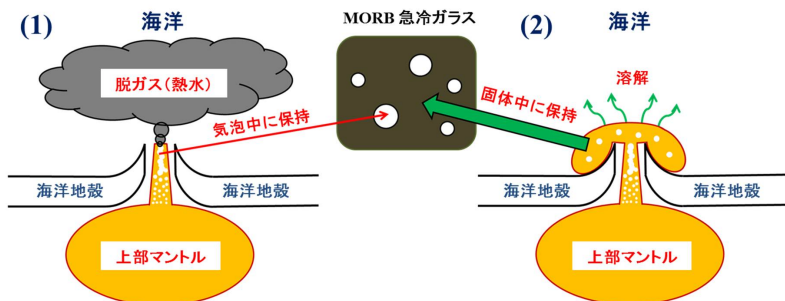
キーワード: 硫黄, ハロゲン, ヘリウム, 中央海嶺玄武岩, フラックス, 物質循環

Keywords: sulfur, halogen, helium, mid-ocean ridge basalt, flux, geochemical cycle

SGC54-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月20日 18:15-19:30



【図1: 中央海嶺における脱ガス様式の模式図】

- (1) 上昇中マグマの気泡がパスを形成し、気相に分別した成分が脱ガス
 ⇒ 急冷ガラスの気泡組成からは、**熱水(火山ガス)の寄与が大きい場合のフラックス**が推定可能
- (2) 噴出したメルトが変質し、全岩の成分が脱ガス
 ⇒ 急冷ガラスの全岩組成からは、**MORBの変質が激しい場合のフラックス**が推定可能

拡散放出ガスの測定法開発のための実験的研究

Experiments for development of new method for measurement of diffusion gas

青山 拓維^{1*}, 野上 健治², 寺田 暁彦²

Takui Aoyama^{1*}, Kenji Nogami², Akihiko Terada²

¹ 東京工業大学大学院理工学研究科化学専攻, ² 東京工業大学火山流体研究センター草津白根火山観測所

¹Department of Chemistry, Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, ²Kusatsu-Shirane Volcano Observatory, Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology

1] イントロダクション

マグマ中に含まれる水・二酸化炭素などの揮発性成分はマグマの上昇に伴う減圧により脱ガスし、爆発的な噴火の原動力となる。また、その発砲・脱ガスは粘性や密度といったマグマの物理的性質を大きく変化させ、噴火様式を多様化させる。そのため、揮発性成分の挙動を明らかにすることは、脱ガス過程や爆発的噴火現象に対してより良い理解を与え得るものである。

二酸化炭素はマグマ中に水に次いで多く含まれる揮発性成分であるが、水よりも脱ガスし始める深度が深く脱ガス後の地下水や土壌との反応性が低い物質であるため、地下深部で脱ガスした二酸化炭素が地表から拡散放出される。Hernandez et al(2001)はCO₂の拡散放出量が火山噴火に先行して急激に増加したことを報告している。したがって、二酸化炭素の拡散放出量の観測は火山活動の監視を行うに当たり有効な地球化学的手法である(例えば Hernandez et al., 2001; Perez et al., 2011)。進行中の火山活動の理解のためには、二酸化炭素の拡散放出の局所的な異常を検出することや定期的に全放出量を見積もることが重要である(Salazar et al., 2001)。土壌からの二酸化炭素拡散放出量の測定は通常持ち運び可能な赤外線吸収法を用いた二酸化炭素測定器(LICOR-800 system)を用いて行われる。LICOR-800 systemの取り扱いが容易であるが、面的な分布をこの手法を用いて調査するには時間がかかることが難点である。本研究では、二酸化炭素の土壌拡散放出量の新たな測定法の開発に向けて、土壌からの拡散放出を再現する基礎的な室内実験を行い新手法の実用性について検討した。

2] 実験

直径20cm、高さ30cmの塩ビ管をgas diffusion chamberとして使い、砂をよく乾燥させたものを入れ下部から二酸化炭素ガスを導入することで、ガスが拡散放出される土壌を再現した。Chamber内の拡散したCO₂を攪拌させるために小型扇風機が取り付けられている。5MのKOH溶液を入れたプラスチック容器をchamber内に置き、拡散放出した二酸化炭素を吸収させる。二酸化炭素ガスの流速、吸収時間、KOH溶液の表面積などを変化させて実験を行った。

3] 結果・考察

CO₂の流量が草津白根火山や有珠火山の拡散放出量に比べて10倍程度であっても、吸収時間を2時間以上にすると拡散放出した二酸化炭素ガスの回収効率がおよそ1になることが分かった。小型扇風機を用いたchamber内の攪拌はアルカリ溶液への二酸化炭素の吸収に非常に有効である。さらに、アルカリ溶液中に溶解した硫黄を定量することで硫化水素の拡散放出量も推定できる。アルカリ溶液吸収させる手法を用いることで、短時間に二酸化炭素や硫化水素の拡散放出量を推定でき、高時間分解能で面的な分布を調べられることが分かった。

キーワード: 拡散放出ガス, 化学的手法

Keywords: diffusion gas, chemical method

XAFS法によるCaGeO₃ペロブスカイト、ガーネット、ウォラストナイトによるCa-O有効二体間ペアポテンシャル

Effective pair potential for Ca-O bonds in CaGeO₃ perovskite, garnet, wollastonite

小金丸 藍^{1*}, 吉朝 朗¹, 有馬 寛², 仲谷 友孝¹, 王 玲¹, 奥部 真樹³, 中塚 晃彦⁴, 大高 理⁵, 杉山 和正²

Ai koganebaru^{1*}, Akira Yoshiasa¹, Hiroshi Arima², Tomotaka Nakatani¹, Rin Wan¹, Maki Okube³, Akihiko Nakatsuka⁴, Osamu Ohtaka⁵, Kazumasa Sugiyama²

¹ 熊本大学, ² 東北大学, ³ 東工大応セラ研, ⁴ 山口大学, ⁵ 大阪大学

¹Kumamoto University, ²Tohoku University, ³Materials and Structures Lab. Tokyo Institute Technology, ⁴Yamaguti University,

⁵Osaka University

ガーネットからペロブスカイトへの構造相転移は、地球内部の特性を理解する上で大変重要であり、これまで多くの研究が行われてきた。ペロブスカイトとガーネットタイプのCaGeO₃は、地球のマントルの構造アナログ物質である為、地球内部の特徴を調べるのにとても役に立つ。CaGeO₃ペロブスカイトとガーネットは、キュービックアンビル型高圧装置で合成した。Ca原子とGe原子のK吸収端のXAFSスペクトルは、700Kまでの温度で透過法により測定した。CaGeO₃のCa-O結合の有効二体間ペアポテンシャル $V(u) = -\frac{u^2}{2} + \frac{u^3}{3}$ は温度依存性デバイワラー因子を用いて調査を行った。Ca-O結合のポテンシャル係数は、ガーネット (6.0eV/Å²)・ウォラストナイト (6.4eV/Å²)タイプのCaGeO₃と比較すると、ペロブスカイトタイプのCaGeO₃は4.4eV/Å²と小さい。ペロブスカイトにおけるCa-O結合のポテンシャルがCaGeO₃他の多形よりも広いのは、ペロブスカイト-ガーネットの相平衡境界のClasius-Clapeyronカーブが負の勾配を持っている事が原因である。ペロブスカイトのCa-O結合のポテンシャル係数については、距離が大きいと通常は小さくなるのだが、フレームワーク振動のせいで長い距離をもつGe-Ge距離のポテンシャル係数よりもかなり小さくなっている。

DS-TIMS 法による超高精度 Sr 安定同位体分析法の開発 Development of an ultra high precision stable isotopic analysis of Sr by DS-TIMS technique

若木 重行^{1*}, 松岡 淳², 石川 剛志¹
Shigeyuki Wakaki^{1*}, Jun Matsuoka², Tsuyoshi Ishikawa¹

¹ 海洋研究開発機構高知コア研究所, ²(株) マリンワークジャパン

¹Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC, ²MWJ

元素の安定同位体分別は、物質の起源や生成プロセス、海洋中の元素循環を制約する為のトレーサーとして、あるいは、古海水やマグマに対する地質学的温度計として、よく用いられる地球化学的ツールである。伝統的に行われてきた、H や C、O、N など軽元素の安定同位体地球化学と比較すると、Fe や Zn、Cu、Sr など重元素の安定同位体地球化学の応用例はまだ多くはない。この理由の一つとして考えられるのは、重元素の安定同位体分析で得られる分析精度が、自然界で生じる安定同位体分別の幅と比較して十分小さい訳ではない、という点である。Sr の例では、地球物質および隕石物質に報告されている安定同位体変動 (^{88}Sr) の範囲がそれぞれ 1‰および 3‰程度であるのに対して、MC-ICP-MS による ^{88}Sr の分析精度は 0.05 から 0.1‰程度である。地球物質の安定同位体比変動は‰を切るスケールで生じているので、地球物質の安定同位体比変動を詳細に議論する為には、分析精度の向上が望まれる。

本研究では、高知コアセンター設置の Thermo Finnigan Triton を用い、ダブルスパイク TIMS 法による超高精度の Sr 安定同位体分析法の開発を行った。ダブルスパイク TIMS 法は、Sr のような 1 次イオン化ポテンシャルの高くない元素に対しては、MC-ICP-MS と比較して高感度・高精度で同位体比測定を行う事が可能であると期待される。本発表では、現状で達成された分析精度と分析に大きく影響する誤差要因について論じる。

キーワード: 安定同位体, Sr 同位体

Keywords: stable isotope, Sr isotope

TIMS 及び MC-ICP-MS を用いた隕石中の Ni 同位体分析 Ni isotopic analyses of meteorites using TIMS and MC-ICP-MS

宮本 恒^{1*}, 山下 勝行¹

Hisashi Miyamoto^{1*}, Katsuyuki Yamashita¹

¹ 岡山大学 大学院自然科学研究科

¹ Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

はじめに

隕石中に見られる同位体異常の解析は、初期太陽系物質の起源と進化を紐解くための重要な手段の一つである。特に、Ni 同位体に関しては、消滅核種 ^{60}Fe の娘核種である ^{60}Ni の過剰に加え、 ^{62}Ni や ^{64}Ni にも同位体比の異常が報告されている (e.g. Shukolyukov et al. 1993, Steele et al. 2011)。その一方で、同一隕石から異なる同位体異常が報告されるという問題も生じている (e.g. Cook et al. 2008, Chen et al. 2009, Moynier et al. 2011)。本研究では、これらの問題の解明に向けて、種類の異なる隕石から抽出した Ni の精密同位体分析を行った。

試料と分析方法

本研究では鉄隕石 (Carbo, Toluca, Buenaventura) と Allende の全岩試料の分析を行った。鉄隕石は HCl-HNO₃、Allende は HF-HNO₃ で分解した後に、Yamakawa et al. (2009) に改良を加えたイオン交換法を用いて Ni を抽出した。抽出した Ni は回収率と不純物の除去を確認するためにその一部を ICP-MS を用いて定量分析した。Ni 同位体比は TIMS (MAT262, TRITON)、MC-ICP-MS (NEPTUNE) の 3 種類の質量分析装置を用いて測定した。TIMS を用いた測定では、Yamakawa et al. (2009) のアクティベーターをベースに、Ni の分析に適したものを作成することで分析精度の向上に成功した。MC-ICP-MS の測定では、脱溶媒試料導入システムを使わずに分析した。

結果と考察

1 回の分析で約 10-20 μg の Ni を使用した場合、MC-ICP-MS を用いた測定では、TIMS (MAT262, TRITON) を用いた測定に比べ、3 分の 1 程度の誤差で測定することが可能であった。ただし TIMS の分析で用いたアクティベーターにはさらに改良の余地があるため、この差は今後変わる可能性がある。また、今回測定した試料に関しては異なる装置間で顕著な同位体比の違いは見られなかった。

一部の鉄隕石の ^{60}Ni 同位体比には誤差範囲を超えてわずかな負の異常が見られた。しかし、Chen et al. (2009) で報告された ^{60}Ni と $^{56}\text{Fe}/^{58}\text{Ni}$ 間の緩やかな相関は現時点では確認できず、全体的に $^{60}\text{Ni}=0$ 付近に収まる結果となった。同様に、Allende の全岩試料に関しても顕著な同位体異常は見られなかった。

今後より詳細に議論するために、試料数を増やすと同時に、 $^{56}\text{Fe}/^{58}\text{Ni}$ 値が高く、Ni 同位体異常の報告がされているトロイライト (FeS) の分析も行う予定である。

キーワード: Ni 同位体, 隕石, TIMS, MC-ICP-MS

Keywords: Ni isotope, Meteorite, TIMS, MC-ICP-MS

初期地球におけるコアへのカリウム・親石元素の分配と地球熱史・コア軽元素への制約

Metal-silicate partitioning of lithophile elements and implications for potassium and light elements in the core

野村 龍一^{1*}, 廣瀬 敬²

Ryuichi Nomura^{1*}, Kei Hirose²

¹ 東京工業大学, ² 東京工業大学 地球生命研究所, J A M S T E C

¹Tokyo Institute of Technology, ²ELSI, Tokyo Institute of Technology, JAMSTEC

The partitioning of lithophile elements (K, O, Si, Mg, Al, and Ca) between liquid metal and silicate melt were investigated up to 138 GPa and 5450 K in S-free/S-bearing Fe + K-doped pyrolite system, in order to constrain the amounts of radioactive ⁴⁰K and other light elements in the core. The obtained iron-potassium exchange coefficients show strong temperature (T) dependence but negligible effects of pressure (P) and sulfur content, not supporting the transition-metal-like behavior of potassium at high pressure. As a consequence, present experiments suggest only ~10 ppm potassium in the core, which yields present-day heat production of ~0.1 TW, even when we assume the entire core-mantle chemical equilibrium at 136 GPa and 5300 K (liquidus of pyrolitic mantle). On the other hand, the core dissolves substantial amounts of silicon and oxygen as a consequence of reaction with a basal magma ocean at 4500-5000 K, which account for the 10% core density deficit. In addition, quenched liquid iron obtained in relatively high-temperature experiments included certain amounts of Mg, Al, and Ca, suggesting that these elements may have been once incorporated into the core at the time of giant impact. A more realistic model for the Earth's core must consider the combined effects of material that equilibrated at modest P-T with the material that was added at very high P-T, and the effect of latter components are focused in this study.

Keywords: metal-silicate partitioning, high pressure, core formation, magma ocean, potassium, light elements

Rarotonga magma as a mixing product of EM-1 and HIMU in the Cook-Austral volcanic chain, the South Pacific.

Rarotonga magma as a mixing product of EM-1 and HIMU in the Cook-Austral volcanic chain, the South Pacific.

鈴木 勝彦^{1*}, 仙田 量子¹, Gary Thompson², John Malpas²
Katsuhiko Suzuki^{1*}, Ryoko Senda¹, Gary Thompson², John Malpas²

¹ 海洋研究開発機構, ² 香港大学

¹JAMSTEC, ²Hong Kong Univ.

We present radiogenic isotope (Os, Pb, Nd, Sr) and major and trace element data on lavas from Rarotonga Island, the Cook-Austral volcanic chain in the South Pacific, and examine the origin of the source of these lavas. Relationship between Ni, MgO and Os concentrations of the lavas indicates that Os contents in magma are controlled by fractionation of sulfide. Osmium concentration of the samples with high-Os and Ni (over 80 ppt and 100 ppm, respectively) are least affected by magma differentiation. Since Os is a highly compatible element and is readily removed from magma during sulfide crystallization, shallow-level assimilation of crustal material and sediment with extremely high $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ during magma ascent significantly alters the original Os isotopic compositions of magma. The lavas with low-Os, therefore, do not preserve the initial Os isotopic composition of magma and possess the elevated Os isotope ratios. The $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ ratios of the Rarotonga lavas with Os concentrations more than 80 ppt (or Ni > 100 ppm) fall in a relatively limited range from 0.1282 to 0.1343 with an average of 0.132, which is possibly the initial Os isotopic composition of the Rarotonga mantle source. Evaluation of published data on the Pitcairn lavas known as originated from EM-1 in the similar manner to that used for that of Rarotonga data suggests that the lavas with high-Os and Ni (over 80 ppt and 300 ppm, respectively) keep the original Os signature of EM-1 with least assimilation. The Os isotopic compositions of such samples lie in a small range between 0.1350 and 0.1381 with an average of 0.1369. This value is much lower than the value of approximately 0.15 widely accepted as the $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ of EM-1. If in the case, the Os-Pb-Nd-Sr isotopic data of the Rarotonga lavas suggest that they are mixing products of EM-1 and HIMU.

キーワード: ポリネシア, ホットスポット, ラロトンガ島, EM1, HIMU

Keywords: Polynesia, hot spot, Rarotonga island, EM1, HIMU

Re-Os mineral isochron age of peridotite xenoliths from Hannouba, China: Implications for Os behavior in mantle Re-Os mineral isochron age of peridotite xenoliths from Hannouba, China: Implications for Os behavior in mantle

鈴木 勝彦^{1*}, Zhi Xiachen²

Katsuhiko Suzuki^{1*}, Xiachen Zhi²

¹ 海洋研究開発機構, ² 中国科学技術大学

¹JAMSTEC, ²Univ. of Sci. & Technol. of China

Geochemical and isotopic data on mantle peridotite xenoliths provide key constraints on the evolution of lithospheric mantle beneath the thick continental crust. Especially, Os isotopes could give us information on the age of continental roots (Pearson, 1999) and genetic relation of the lithospheric mantle to the overlying continental crust. The continental crust was possibly formed by extraction from primitive upper mantle to form both the lithospheric mantle and the continental crust. However, Re introduction from the host magma or through metasomatism leads to rarely observed reliable Re-Os isochron for peridotite xenolith suites. Gao et al. (2003) successfully obtained the Re-Os whole-rock age of 1910 +/- 220 Ma with an initial ¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os ratio of 0.1156 +/- 0.0009 for peridotite xenoliths from Hannouba, China. However, five out of thirteen analyses were plotted out of the isochron trend and were eliminated from the regression, which indicates disturbance of the Re-Os system of the samples or analytical problem. In this study, we have analyzed whole-rock samples and minerals such as olivine, orthopyroxene, clinopyroxene and spinel of fresh peridotite xenoliths in continental basalt in Hannouba to make detailed age constraints on the evolution of sub-continental mantle in this area. .

As shown in the figure, most of the Re and Os isotopic data of the whole-rock samples obtained in this study are plotted on the isochron line reported by Gao et al., (2003), implying the geological event at 1.9 Ga. Preliminary results of mineral analysis suggest a Re-Os mineral isochron with a younger age for a suite of Hannouba peridotite xenoliths, indicating that minerals possibly record a younger geological event such as metasomatism or shallow-level processes within the continental crust.

キーワード: ハノーバ, かんらん岩捕獲岩, 年代, Re-Os 系, 大陸下マントル

Keywords: Hannouba, peridotite xenolith, dating, Re-Os system, sub continental mantle

地球の化学的環境と E - コンドライトの関連性？ Does E-chondrite relate to the chemical state of the Earth?

兼岡 一郎^{1*}

Ichiro Kaneoka^{1*}

¹ 東京大学地震研究所

¹Earthquake Research Institute, University of Tokyo

地球の化学的環境は、地球表層物質や地殻・マントル物質などの化学・同位体組成を分析し、さらに地球物理学・地質学的手法による地球構成物質の物性なども考慮して推定されている。一方、地球形成時や地球深部の化学的環境を直接示す物質を手にするのは困難である。そのため、物質科学的としての地球化学的アプローチとして、各隕石グループの中で最も揮発性元素に富み、分光分析の結果からも太陽の元素組成と類似した組成をもっている C I - コンドライトを基にして、初期地球や全地球の化学的環境などを推定されることが一般的に行われている。

しかし太陽系における地球の形成時と形成場における化学的環境を、C I - コンドライトが直接反映しているとすることは必然性はない。そのため、他の隕石を基にしたいくつかのモデルも提案されてきている。ここでは主要元素である酸素の同位体比の類似性を重要視して、E - コンドライトが地球の化学的環境の推定に重要な役割を果たしている可能性を検討する。

地球物質や地球外物質などの3成分酸素同位体比の分析は、1970年代に R.N.Clayton らのグループによって精力的に行われ始め、その後いくつかのグループも参加して重要な結果を得てきている。その結果、酸素16で規格化した酸素17と酸素18を組み合わせた図において、地球物質のデータは1本の同位体質量分別線上にのるのに対し、多くの地球外物質はその線上にはのらず、それぞれのグループごとに異なった同位体質量分別線を形成することが明らかになった。地球外物質で地球物質と同じ同位体質量分別線上にのるのは、月試料と E - コンドライトだけである。火星隕石も、地球物質とは異なった同位体質量分別線を形成する。これらのことは、月や E - コンドライトの供給源は地球形成に関与した環境

と同じ領域にあった可能性が非常に大きいことを示唆している。このことは、地球の C, N などの安定同位体比は、C - コンドライトよりも E - コンドライトの値に近いということとも調和的である。

また E - コンドライトと C - コンドライトの生成された環境の酸化還元度を比べると、前者は極めて還元的であるのに対し、後者は極めて酸化的であることが、 $(Fe+FeS)/Si-FeO/Si$ 図などにおけるデータ分布から明らかである。マントル捕獲岩などは、この図では相対的には還元的な状態にある。地球の表層環境も地球形成時にはかなり還元的な状態が示唆されているが、E - コンドライトや月などの状態がそれを反映している可能性がある。

また地球の下部マントルについては、その推定された化学的環境についてもモデルに大きく依存する。地球形成時における材料物質を C - コンドライトとすると、結果としては下部マントルはそれほど還元的ではないことになる。しかし E - コンドライトが地球形成時の環境を反映していたとすると、かなり還元的な環境を示す。下部マントルにマグマ源を有する可能性のあるキンパーライトが、他の火山岩よりもかなり還元的な性質を示すのも、この推論と調和的である。

しかし月全体が地球と同じ化学組成を示す必然性はないのと同様に、E - コンドライトの化学組成が地球の化学組成をそのまま反映している必然性はない。

キーワード: 地球, 化学的環境, E - コンドライト, 関連性

Keywords: Earth, chemical state, E-chondrite, relationship

中央海嶺における結晶分別作用と島弧における脱水量の違い : FOZO と HIMU の成因に関する考察

Role of crystal fractionation and effect of degree of dehydration in producing FOZO and HIMU reservoirs

下田 玄^{1*}, 小木 哲²

Gen Shimoda^{1*}, Tetsu Kogiso²

¹ 産業技術総合研究所, ² 京都大学人間・環境学研究所

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ²Graduate School of Human and Environmental Sciences, Kyoto University

It has been widely accepted that recycling of oceanic crust with/without sediments produced at least three enriched reservoirs in the mantle (HIMU, EM1 and EM2). This fundamental concept of the geochemistry is called 'mantle reservoir model' (White, 1985; Zindler and Hart, 1986), in which isotopic composition of the ocean island basalts (OIBs) are explained by mixing of distinct and isolated reservoirs in the Earth's interior. The origins of enriched components are usually explained by recycling of oceanic crust (HIMU) with variable amounts of sediments (EM1 and EM2).

In early research on the mantle reservoirs, the isotopic composition of OIBs was mainly explained by the mixing of depleted MORB mantle (DMM) and three enriched reservoirs (HIMU, EM1, and EM2) whose isotopic compositions are enriched extremes. In addition to these reservoirs, the importance of reservoirs whose isotopic compositions are intermediate has been pointed out, these are, FOZO (Focal Zone, Hart et al., 1992), C (common component; Hanan and Graham, 1996), PREMA (Prevalent Mantle, Zindler and Hart, 1986) and PHEM (Primitive Helium Mantle, Farley et al., 1992). Although the existence of these reservoirs is still controversial, the isotopic compositions of these reservoirs, in particular FOZO, have been used to designate the isotopic distribution of OIBs.

In the present study, geochemical modeling has been conducted to evaluate the origin of HIMU and FOZO reservoirs. For the modeling, MORB compositions from East Pacific rise and Mid-Atlantic ridge are compiled from published data (PetDB: <http://www.earthchem.org/petdb>). The results suggest that crystal fractionation at a mid-ocean ridge can increase U and Th concentrations relative to Pb content, producing high U/Pb and Th/Pb ratios in evolved MORBs. In addition, dehydration beneath a subduction zone can increase U/Pb and Th/Pb ratios of recycled oceanic crust, i.e., strongly dehydrated oceanic crust can be a suitable source material of HIMU magmas and less dehydrated MORBs can produce material with FOZO isotopic signature. Although depleted Sr isotopic composition of HIMU magma seems to contradict with high Rb concentration of evolved MORBs, high degree of dehydration beneath subduction zones can produce large Rb loss, producing depleted Sr isotopic composition of recycled crust that is suitable for the HIMU source. In this context, magma evolution at mid-ocean ridges and variable degree of dehydration beneath subduction zones play an essential role in producing the isotopic variations between HIMU and FOZO. Combination of crystal fractionation at mid-ocean ridges and degree of dehydration beneath a subduction zone can produced observed isotopic array of OIBs.

キーワード: マントル貯蔵庫, リサイクルリング, HIMU, FOZO, 中央海嶺, 島弧

Keywords: Mantle reservoir, Recycling, HIMU, FOZO, Mid-ocean ridge, Subduction zone

九州の火山フロントの第四紀マグマの地球化学的特徴の変化 Geochemical variations in Quaternary magmas along the volcanic front of Kyushu, Japan

柴田 知之^{1*}, 芳川 雅子¹, 伊藤 順一², 氏家 治³, 竹村 恵二¹

Tomoyuki Shibata^{1*}, Masako Yoshikawa¹, Jun'ichi Itoh², Osamu Ujike³, Keiji Takemura¹

¹ 京都大学・地球熱学, ² 産業技術総合研究所 地質調査総合センター, ³ 富山大学大学院理工学研究部

¹IGS, Kyoto Univ., ²AIST, Geological Survey of Japan, ³Grad. School Sci. Eng. Univ. Toyama

The Quaternary magma genesis of central Kyushu, Japan, was investigated by geochemical lateral variations. This area is underlain by the Philippine Sea Plate including the older Kikai Basin segment (60-40 My old) and the younger Shikoku Basin segment (26-15My old) divided by the Palau-Kyushu Ridge. Sr/Y ratios of the Quaternary lavas of the Quaternary lavas decrease from north to south along the volcanic front of the Kyushu arc. All analyzed Sr-Nd-Pb isotope compositions plot close to or along mixing curves between MORB-type mantle wedge and Philippine Sea Plate sediments, or between Shikoku Basin basalts and the Shikoku Basin sediments on the plate. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratios negatively co-vary with the Sr/Y ratios and increase from north to south. These geochemical characteristics suggest that Quaternary magmatism in central Kyushu was controlled by various contributions of the materials from the Philippine Sea Plate slab. The negative correlations between Sr/Y and Sr isotope ratios suggest that extent of addition of the partial melts derived from the subducting slab is the prime control of the spatial variations. These observations also suggest that the high Sr/Y slab component in the north would have been derived from the partial melts from the hot and young Shikoku Basin slab, whereas the low Sr/Y flux in the south may have derived from slab fluids from the older Kikai Basin slab.

キーワード: アダカイト, フィリピン海プレート, 火山フロント, 微量元素, Sr-Nd-Pb 同位体組成

Keywords: adakite, Philippine Sea plate, volcanic front, trace elements, Sr-Nd-Pb isotopic compositions