

COHを含むかんらん岩の融解によるカーボナタイトメルト生成の可能性 Genesis of carbonatite melt by partial melting of COH-bearing peridotite

小澤 亜耶^{1*}; 小木曾 哲¹
OZAWA, Aya^{1*}; KOGISO, Tetsu¹

¹ 京都大学人間・環境学研究所

¹ Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University

生命体を構成する必須元素（炭素、酸素、窒素、リンなど）の持続的供給は、生命の誕生とその発展を支える重要な条件のひとつと考えられる。だとすれば、初期生命発生時の地球上にはそれら必須元素が豊富に濃集している場所が存在し、その場所こそが初期生命誕生のゆりかごとなった可能性が考えられる。では、必須元素が濃集するような場とはどのようにして形成され得るのだろうか。特にリンに関して言えば、有機体が存在しない場合、地殻あるいはマントルから供給するしかない。地殻はマントルの部分融解によって形成されるので、マントルこそがリンの供給源のはずである。従って、マントルからどのようにしてリンに濃集する岩石が形成されたかを検討することが必要である。

現在地球上に見られるカーボナタイトにはリンが多く含まれており、中には他の火成岩と比較して桁違いにリンを濃集しているものも発見されている。従って、カーボナタイトの生成過程のなかにマントルからリンを濃集させる重要な鍵がある可能性がある。

カーボナタイトの成因について近年有力視されているのは、CO₂を含むマントル物質の部分融解メルトから液相不混和によってカーボナタイトメルトとアルカリ玄武岩質メルトの二相が離溶するというものである。現在噴出しているカーボナタイトとその周辺のアルカリ玄武岩組成を用いて元素の分配を調べた先行研究には Veksler et al. (2011) や Brooker (1998) がある。Veksler et al. (2011) では、同じ出発組成でも無水の場合にはリンは珪酸塩メルトへ濃集し、含水条件ではリンはカーボナタイトメルトへ濃集することが示されている。Brooker (1998) では CO₂ に飽和した実験でより不混和領域が広がり、カーボナタイトメルトへのリンの濃集がより顕著となることが示唆されている。しかし、これらの実験で示された不混和現象が、マントル由来のメルトで起こり得るのかどうかについては明らかではない。

よって本研究では、出発組成として始原的マントル組成 + CO₂ + H₂O を用い、マントル由来のメルトにおいてリンがカーボナタイトメルトに濃集するような液相不混和現象が起こる可能性を検討した。出発組成として、始原的マントル組成に近い KLB-1 組成にシュウ酸二水和物を 10wt.% 加えたものを用い、ピストンシリンダー装置で 2.5GPa・1100℃ の条件下で 26 時間保持し部分融解を起こさせたところ、非常に MgO に富み SiO₂ に乏しいメルトが得られた。

このメルト組成は、Brooker (1998) が実験で決定した (SiO₂+Al₂O₃+TiO₂) - (Na₂O+K₂O) - (CaO+MgO+FeO) 疑似三成分系における珪酸塩メルト - カーボナタイトメルト不混和領域にはプロットされない。従って、このメルトがそのままマントルを上昇しても、そこからカーボナタイトメルトが離溶する可能性は小さい。しかし、このメルトの中でカンラン石等が結晶分化することによってメルト中のアルカリ濃度が上昇すれば、メルト組成は不混和領域に近づいていく可能性がある。

以上のように、マントル由来のメルトからカーボナタイトメルトが生成される可能性はあると言える。こうしたカーボナタイトメルトを離溶する液相不混和現象が、初期地球において起こるためにはどのような条件が必要か、今後の検討が必要である。

キーワード: リン, カーボナタイト, 部分融解, 液相不混和, 初期地球

Keywords: phosphorus, carbonatites, partial melting, liquid immiscibility, the early Earth

ライババエ海洋島玄武岩から分離したCPXの正確な年代補正 Sr-Nd-Pb-Hf 同位体比の測定 Determination of precise age corrected Sr-Nd-Pb-Hf isotope ratios of the clinopyroxene from Raivave OIB samples

宮崎 隆^{1*}; 羽生 毅¹; 仙田 量子¹; 木村 純一¹; 常 青¹; 平原 由香²; 高橋 俊郎³
MIYAZAKI, Takashi^{1*}; HANYU, Takeshi¹; SENDA, Ryoko¹; KIMURA, Jun-ichi¹; CHANG, Qing¹;
HIRAHARA, Yuka²; TAKAHASHI, Toshiro³

¹ 海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野, ² 千葉工業大学, ³ 新潟大学
¹D-SEG, JAMSTEC, ²Chiba Institute of Technology, ³Niigata University

In Sr-Nd-Pb-Hf isotope analyses of whole rock samples, the leaching technique is used for removing the effect of secondary alteration and contamination from outside environments. Especially for the rock samples collected from sea area, the leaching is indispensable to eliminate the effect of seawater alteration. However, even if the strong leaching condition is applied, it is difficult to remove the altered components completely. In order to overcome this problem, clinopyroxene (CPX) was paid attention because of its early crystallization phase and its high resistibility against alteration. It is expected that the CPX preserve more primitive isotope signature than the leached whole rock samples. Using the CPX sample from ocean island basalt (OIB), Hanyu and Nakamura (2000) and Jackson et al. (2009) revealed the Sr and Nd isotope signature of OIB source mantle. Hanyu et al. (2011; 2014) also analyzed Sr and Nd isotopes as well as Pb and Hf isotopes of CPX to investigate the mantle end-members in the OIB samples from Polynesia and St. Helena.

Parent/daughter (P/D) ratios such as Rb/Sr, Sm/Nd, U/Pb, Th/Pb, and Lu/Hf were used for determining the age-corrected isotope ratios (initial ratios) of Sr, Nd, Pb, and Hf isotopes. The most suitable method for correction is using P/D ratios determined from the same CPX aliquot used for each of the isotope measurements. However, due to the limitation of the decomposition method used for the Pb isotope analysis in our laboratory, there was difficulty in determining the U/Pb and Th/Pb ratios from the CPX aliquot used for the Pb isotope. Therefore, Hanyu et al. (2011) determined the U/Pb and Th/Pb ratios from the whole rock U, Th, and Pb concentrations and partition coefficients, although the Rb/Sr, Sm/Nd, and Lu/Hf ratios were determined from the same CPX aliquot used for the Sr, Nd, and Hf isotope analyses. To overcome the uncertainty using partition coefficients, Hanyu et al. (2014) determined the U/Pb and Th/Pb ratios using the U, Th, and Pb concentrations of the CPX aliquot used for the Sr, Nd, and Hf isotope measurements, although the uncertainty of inhomogeneity in the CPX separates still remained.

In this study, we reexamined our analytical method, especially for the determination of U/Pb and Th/Pb of the CPX separates. We determined the Rb/Sr, Sm/Nd, and Lu/Hf ratios from the CPX aliquot used for the Sr, Nd, and Hf isotope measurements (Sr-Nd-Hf aliquot) and the U/Pb and Th/Pb ratios from the CPX aliquot used for the Pb isotope measurement (Pb aliquot) to determine the precise age-corrected Sr-Nd-Pb-Hf isotope ratios of the CPX sample from the Raivavae OIB samples. Comparisons between the Sr-Nd-Hf and Pb aliquots showed inhomogeneity in the U, Th, and Pb concentrations and revealed 0.34 and 0.88 of $\Delta U/Pb$ and $\Delta Th/Pb$, in maximum. These $\Delta U/Pb$ and $\Delta Th/Pb$ yielded 1052, 61, and 448 ppm in the $\Delta^{206}Pb/^{204}Pb$, $\Delta^{207}Pb/^{204}Pb$, and $\Delta^{208}Pb/^{204}Pb$ when the age correction used was 6 Ma. These $\Delta^{206}Pb/^{204}Pb$ and $\Delta^{208}Pb/^{204}Pb$ were beyond the analytical uncertainty of the standard samples. Therefore, using P/D ratios determined from the same CPX aliquot used for each of the isotope measurements is an important factor for the determination of precise age-corrected Sr-Nd-Pb-Hf isotope ratios of the Raivavae CPX sample.

キーワード: Sr-Nd-Pb-Hf 同位体, CPX, ライババエ, 年代補正, 親娘比
Keywords: Sr-Nd-Pb-Hf isotopes, CPX, Raivavae, Age correction, P/D ratio

Laser-ablation Sr isotopic analyses of small glass samples using MC-ICPMS Laser-ablation Sr isotopic analyses of small glass samples using MC-ICPMS

常青^{1*}; 木村 純一¹; ヴァグラロフ ボグダン ステファノフ¹
CHANG, Qing^{1*}; KIMURA, Jun-ichi¹; VAGLAROV, Bogdan stefanov¹

¹ 海洋研究開発機構

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

An analytical protocol was developed for correcting Kr baseline-induced bias and Rb isobaric overlap factors to analyze Sr isotope ratios for small glass samples using laser ablation (LA) with a desolvating nebulizer dual-intake system and MC-ICP-MS. The combined use of a low-oxide interface setup along with high-gain Faraday amplifiers with a $10^{12} \Omega$ resistor enabled precise determination of Sr isotope ratios from 50-100 μm diameter craters using 10 Hz laser repetition rate. Residual analytical biases of $^{84}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotope ratios induced from Kr baseline suppressions (Kimura et al., 2013), were found to be nonlinear, but the correction method was applicable to 50-200 $\mu\text{m}/10$ Hz craters. We also found that the $^{85}\text{Rb}/^{87}\text{Rb}$ overlap correction factor changed with time with a change in the surface condition of sampler-skimmer cones. The correction factor of $^{85}\text{Rb}/^{87}\text{Rb}$ was thus determined at least once per five unknown measurements using the nebulizing intake line. We determined $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotope ratios from MkAn anorthite (Sr = 305 ppm, Rb = 0.07 ppm), BHVO-2G, KL2-G, ML3B-G (Sr = 312-396 ppm, Rb = 5.8-9.2 ppm), and BCR-2G (Sr = 337 ppm, Rb = 48.5 ppm) basalt glasses using a 50-100 $\mu\text{m}/10$ Hz crater. The results agree well with their reference values determined by thermal ionization mass spectrometry, even with the high Rb/Sr ratio (0.14) in the BCR-2G glass. The internal/intermediate precisions were ± 0.0002 (two-standard deviation: 2SD) for 100 μm craters and ± 0.0005 for 50 μm craters. The new instrument settings and analytical protocol improved the precision by a factor of two compared to the previous report using LA-(sector field)-ICP-MS and enables the analysis of sample volumes that are ten times smaller than those used in previous LA-MC-ICP-MS analyses with equal precision.

キーワード: Sr isotope, geological glasses, LA-MC-ICP-MS, Kr baseline-induced bias, Rb overlap correction
Keywords: Sr isotope, geological glasses, LA-MC-ICP-MS, Kr baseline-induced bias, Rb overlap correction