

イオンマイクロプローブを用いた希土類元素分析によるエフレモフカCV3隕石中の細粒CAIの研究

Ion microprobe studies of REEs in fine-grained inclusions in the Efremovka CV3 meteorite

内山 薫 [1]; # 比屋根 肇 [2]; 高畑 直人 [3]; 佐野 有司 [4]

Kaoru Uchiyama[1]; # Hajime Hiyagon[2]; Naoto Takahata[3]; Yuji Sano[4]

[1] 東大・理・地惑; [2] 東大・理・地球惑星科学; [3] 東大・海洋研; [4] 東大・海洋研

[1] EPS, Tokyo Univ.; [2] Dept. Earth & Planet. Sci., Univ. Tokyo; [3] ORI, Univ. Tokyo; [4] Ocean Res. Inst. Univ. Tokyo

CAIに見られる希土類元素(REE)の大きな分別は、高温の初期太陽系星雲におけるガスとダストの分離を示唆している。そのため、REEの分別パターンを調べることでCAIの形成環境に関する情報を得ることができる。

Efremovka隕石中の細粒CAIであるEFG-1の内部において、通常よりも難揮発性の領域“Himiko”(Kimura et al., 2003)が見つかった。本研究ではその“Himiko”とEFG-1を含めたいくつかの細粒CAIについてSIMSによりREE分析を行った。また、熱力学データを用いて、簡単な仮定の下で凝縮計算を行ってそれらの形成環境について考察した。HimikoとEFG-1の結果の概略はUchiyama et al. (2008)にも報告されている。ここでは、Efremovka隕石のさらに多くの細粒CAI中の希土類元素データについて報告し、それらの生成条件を議論する。

“Himiko”に対しては東京大学海洋研究所のCAMECA NanoSIMS 50を用いて~5ミクロンの微小領域でスポット分析を行った。その一次イオンは O^- 、強度は~1nAである。質量分解能を~1000(entrance slitとaperture slitを全開)にして、エネルギーフィルター法により分析している。-60Vのオフセットをかけており、それによって希土類酸化物以外の複雑な分子イオンの寄与を取り除いている。希土類酸化物の影響は、酸化物生成率($REEO^+/REE^+$)を測定することで補正している。NanoSIMSでは検出器は複数設置されており(5個を使用)、6回磁場を振ることで分析に必要な20個のピークを測定した。濃度の換算のためNIST 610を先に分析し、その分析値と文献値が一致するようにCaに対する相対感度係数を決めた。希土類元素のピーク位置を決めるために希土類元素をドーブした合成ガラス(軽希土類<重希土類)を用いた。“Himiko”は6箇所分析を試み、最後の2箇所(ZrO_2 +perovskite)の分析に成功した。

“Himiko”の分析結果は重希土類が過剰に存在するUltra-refractoryのパターンであった。ただ、これまで報告されている典型的なもの比べてもその濃度は高く(Lu, Erが>20000xCI、軽希土類が>200xCI)、また、重希土類における分別が極めて大きい(Lu, ErとGd間で存在量が10倍異なる)。このことは“Himiko”が星雲ガスの非常に高温な環境で形成し、その後ガスから分離したことを示唆している。凝縮計算を行って分析結果を再現したところ、少なくとも1700K以上の高温であるということが示された。そのため ZrO_2 ($P_{tot}=10^{-4}$ atmで凝縮温度が1741K; Lodders, 2003)が希土類元素のホストとなっていると考えられる。

一方で、EFG-1の通常のCAI領域は、東京大学のCAMECA ims-6fによりREE分析を行った。一次イオンは O^- 、質量分解~300でエネルギーフィルター法を用いている。EFG-1のREE存在量は少なかったため、強い一次イオンビーム(~10nA)で、~50ミクロンのスポットで分析した。その分析結果は、重希土類が欠乏しているGroup II的であったが、通常と異なって軽希土類においても大きな分別が見られるものであった。軽希土類にこのような分別を起こすためには、低温でのガス-ダスト分離を経験しなければならない。この分析結果を凝縮計算で再現しようとする、EFG-1が経験したガスとダストの分離温度は1500~1550Kであることが示された。分析した他の細粒CAIは典型的なGroup IIのパターンであり、それを凝縮計算で再現すると、これらがガス-ダスト分離を経験した温度は1600~1650K程で、“Himiko”とEFG-1の結果の中間の温度であることが分かった。

本研究の結果、ガスとダストの分離は非常に広い温度領域で行われていたことが示された。また、異なる温度領域で形成した物質(“Himiko”とEFG-1)が共存していたことは、CAI形成領域において物質の激しい移動と混合が行われていたことを示唆している。ただ、HimikoとEFG-1のREEパターンは完全には相補的というわけではなく、この2つの関係については更なる研究が必要である。

参考文献: Kimura et al. (2003), Abstract for NIPR Symp., Japan. Uchiyama et al. (2008), LPSC #1519. Lodders (2003), ApJ 591, 1220-1247.