

## Efremovka 隕石中 Fluffy Type A CAI の酸素同位体分布 Oxygen isotopic distribution of Fluffy Type A CAI from Efremovka

川崎 教行<sup>1\*</sup>, 坂本 直哉<sup>2</sup>, 塚本 尚義<sup>3</sup>KAWASAKI, Noriyuki<sup>1\*</sup>, SAKAMOTO, Naoya<sup>2</sup>, YURIMOTO, Hisayoshi<sup>3</sup><sup>1</sup> 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻, <sup>2</sup> 北海道大学創成研究機構, <sup>3</sup> 北海道大学理学研究院自然史科学部門<sup>1</sup>Natural History Sci., Hokudai, <sup>2</sup>CRIS, Hokudai, <sup>3</sup>Natural History Sci., Hokudai

太陽系は、ダストが合体成長を繰り返し現在の姿になったと考えられている。微惑星以降はモデル計算により説明されているが、微惑星までの過程は未解明である。未分化な隕石には、太陽系初期のダストが保存されており、特に Fluffy Type A CAI (FTA CAI) というふわふわした外形をもつ難揮発性包有物は、別々に形成した複数のドメインの集合体であり、ガスから直接凝縮したまま溶融していないミクロンサイズの結晶を含んでいると考えられている。また、CAI 形成領域で、<sup>16</sup>O に富むガス環境と乏しいガス環境が存在していたと考えられている (Yurimoto et al. 2008)。本研究では、Efremovka 隕石中の FTA CAI について岩石学的研究と酸素同位体分析を行い、微小なダストの成長過程と形成環境の解明を目的とした。

試料の観察と元素分析は FE-SEM-EDS (JEOL JSM-7000F; Oxford INCA Energy) を用いた。メリライトの結晶方位解析は EBSD システム (HKL Channel 5) で行い、個々のメリライト粒子の結晶境界を決定した。酸素同位体分析は SIMS (Cameca ims-1270) で行った。

本 FTA CAI は、約 1 cm × 4 mm の大きさでふわふわとした外形をもつ。外縁は Wark-Lovering リム (WL リム) に囲まれている。本 CAI は、それぞれが WL リムによって囲まれた約 1 cm のドメイン 1 と約 3 mm のドメイン 2 に分けられた。

ドメイン 1 の WL リムから 40 ミクロンまでの距離のメリライトは、それぞれが逆累帯構造を示した。典型的な化学組成は、結晶中心で ak30、結晶境界で ak15 であった。結晶粒界に沿いファッサイトが見られた。その層よりも CAI 内側に位置するメリライトは、結晶中心部分で逆累帯構造で、その周りから正累帯構造に転じるという同心円状の累帯構造を示した。典型的な化学組成は、結晶中心で ak35、その周りで ak30、結晶境界で ak40 であった。それぞれの累帯構造をもつメリライトは、すべて <sup>16</sup>O に乏しく ( $\delta^{18}\text{O} = 5$  から 10 パーミル) 均一であった。ドメイン 2 の WL リムから 150 ミクロンまでの距離のメリライトは逆累帯構造を示し、結晶中心で ak15、結晶境界で ak5 であった。メリライトは、CAI 内側で <sup>16</sup>O に乏しく ( $\delta^{18}\text{O} = 0$  パーミル)、WL リム付近で <sup>16</sup>O に富む ( $\delta^{18}\text{O} = -40$  パーミル) という変化が見られた。

FTA CAI の逆累帯構造をもつメリライトは、圧力が下がる過程での星雲ガスからの凝縮によって形成したと考えられている (MacPherson and Grossman 1984)。両ドメインの逆累帯構造をもつメリライトも、圧力が下がる過程で星雲ガスから凝縮したと考えられる。ドメイン 1 内側の同心円状の累帯構造をもつメリライトは、凝縮ではより複雑な温度圧力条件の変化が必要であり、部分溶融を受けて、逆累帯構造の周りから正累帯構造の結晶成長が起こり形成した可能性が高い。メリライト粒界のファッサイトは粒界を濡らしたメルトから結晶化したものであると考えられる。ドメイン 1 のメリライトの酸素同位体組成は均一であるため <sup>16</sup>O に乏しい環境下で形成した一方で、ドメイン 2 のメリライトの酸素同位体分布から、メリライト凝縮中に周りのガスは、<sup>16</sup>O に乏しい環境から富む環境へ変化していたと考えられる。

両ドメインの逆累帯構造をもつメリライトは、結晶中心の化学組成がそれぞれ ak30、ak15 であり、ファッサイトとの共融点よりも低い温度で形成したと考えられる。Yoneda and Grossman (1995) の熱力学計算によれば、両ドメインのメリライトの凝縮は温度 1570 K、圧力  $10^{-2}$  atm 以下の環境で起こり、結晶は圧力の減少に伴い成長した。もし結晶成長が等温で起こったとすると両ドメイン間の環境の圧力比は約 1.5 倍から 2 倍である。仮に 1400 K で成長したとすると、ドメイン 1 のメリライトが  $3.2 \times 10^{-4}$  atm から  $2.2 \times 10^{-4}$  atm、ドメイン 2 のメリライトが  $2.2 \times 10^{-4}$  atm から  $9.7 \times 10^{-5}$  atm の圧力降下に伴い凝縮した。一見、両ドメインは連続した圧力変化環境で形成したと思えるかもしれないが、メリライトの酸素同位体比は、両ドメインが異なる星雲ガス環境下で形成したことを示し、その後 1 つの CAI へと集積したと考えられる。

本研究により、CAI 形成領域ではミクロンサイズのダストがガスから直接凝縮し、集積過程において異なる温度圧力条件や酸素同位体環境を経験してミリメートルサイズのドメインに成長し、ドメイン同士がさらに合体しセンチメートルサイズに成長するプロセスがあったことが分かった。

キーワード: Fluffy Type A CAI, メリライト, 累帯構造, ダスト成長, 酸素同位体組成, 原始太陽系星雲

Keywords: Fluffy Type A CAI, melilite, chemical zoning, dust coagulation, oxygen isotopes, solar nebula