

Vigarano 隕石中 Fluffy Type A CAI におけるメリライト結晶の逆累帯構造に対応した酸素同位体ゾーニング Oxygen isotope zoning in reversely zoned melilite in Fluffy Type A CAI from Vigarano meteorite

片山 樹里^{1*}, 伊藤 正一¹, 垆本 尚義¹
Juri Katayama^{1*}, Shoichi Itoh¹, Hisayoshi Yurimoto¹

¹ 北海道大学理学研究院自然史科学部門

¹Natural History Sci., Hokudai

Ca-Al-rich inclusion (CAI) を構成する各鉱物の酸素同位体組成は、三酸素同位体図上において質量に依存しない傾き 1 の直線に沿う分別を示している (Clayton et al., 1973)。この分布は、CAI 形成環境下において、各鉱物が結晶化に伴う ¹⁶O-rich なリザーバーと ¹⁶O-poor なリザーバーの混合の度合いの違いによる酸素同位体組成を反映している (e.g., Clayton, 1993)。従来の局所酸素同位体分析の結果により、複数回部分溶融プロセスに伴い形成した ¹⁶O-rich なメルトと周囲の ¹⁶O-poor なガスリザーバーとの間で、速やかに酸素同位体交換が起こったことで、各鉱物の酸素同位体分布が、この混合線に沿う分布となったと考えられている (e.g., Yurimoto et al., 1998)。さらに、ガスから直接凝縮したと考えられている細粒 CAI と呼ばれる各鉱物の酸素同位体分布は、¹⁶O-rich な酸素同位体分布を示している (e.g., Krot et al., 2002)。以上から、CAI 形成領域には、酸素同位体組成の ¹⁶O-rich と ¹⁶O-poor なガスリザーバーが存在することが一般的に受け入れられている。しかし、この CAI 形成領域における両者のガスリザーバーの関係は、不明瞭であった。

Fluffy Type A CAI (FTA) は、不規則な外形をしていることやメリライト結晶の逆累帯構造が存在していることにより、原始太陽系星雲ガスから直接固化したものであると言われている (MacPherson and Grossman, 1984)。すなわち、FTA を構成するメリライト単結晶の酸素同位体分布は、結晶成長時のガス環境下の値を反映していることが期待される。本研究では、¹⁶O-rich と ¹⁶O-poor のガスリザーバーの関係を明らかにするため、Vigarano 隕石中 V2-01 FTA におけるメリライト単結晶の鉱物学的組織を評価し、その逆累帯構造に対応させた局所酸素同位体分布を明らかにした。

メリライトの累帯構造は、FE-SEM を用いた EDS による空間分解能約 1 μm の X 線マッピングにより決定した。また、この結晶境界は、FE-SEM を用いた EBSD による結晶方位マッピングにより詳細に評価した。得られたメリライト単結晶における逆累帯構造に対応させた酸素同位体組成は、二次イオン質量分析計を用いた約 3~5 μm の点分析による局所酸素同位体分析により取得した。

V2-01 FTA を構成するメリライト単結晶は、母天体集積時あるいは母天体上において圧密をうけ、形成時の組織が機械的に変形・破砕されている部分が多く認められ、結晶境界を評価した結果、大部分の結晶が、逆累帯構造を示していることがわかった。各鉱物内の酸素同位体分布は、ゾーニングを示さないものから約 30% のゾーニングを示すものまで様々であった。そのうち、2 つの単結晶 (Grain 8, Grain 21) において、酸素同位体ラインプロファイルを用いて評価した。Grain 8 は、コアからリムまで約 90 μm の範囲で $\delta^{16}\text{O}$ から $\delta^{16}\text{O}_5$ へと変化している逆累帯構造を示し、累帯構造の ak 組成変化に対応して、 $\delta^{16}\text{O}_8$ から酸素同位体組成が変化しはじめ、 $\delta^{16}\text{O}_5$ までの約 40 μm の範囲で ¹⁸O_{SMOW} が -21% から -29% へと ¹⁶O-rich に変化した。Grain 21 は、コアからリムまで約 65 μm の範囲で $\delta^{16}\text{O}_{23}$ から $\delta^{16}\text{O}_2$ へと変化している逆累帯構造を示し、累帯構造の ak 組成変化に対応して、 $\delta^{16}\text{O}_4$ から変化しはじめ、 $\delta^{16}\text{O}_2$ までの約 15 μm の範囲で ¹⁸O_{SMOW} が -15% から -40% へと ¹⁶O-rich に変化した。つまり、単結晶内で累帯構造の ak 組成変化に対応して、約 15~40 μm の範囲で酸素同位体組成が ¹⁶O-poor から ¹⁶O-rich へと変化していた。

FTA のメリライト単結晶における逆累帯構造に対応した酸素同位体ゾーニングは、結晶成長の間のガスリザーバーの酸素同位体組成の変化に対応していると考えられる (Yurimoto et al., 2008)。本研究では、少なくとも二つの結晶において、逆累帯構造に対応し、中心が ¹⁶O-poor から、外側へ ¹⁶O-rich へと変化する酸素同位体ゾーニングを示す単結晶を評価した。これは、メリライト単結晶の結晶成長の間にガスリザーバーの酸素同位体組成が ¹⁶O-poor から ¹⁶O-rich へと変化していたことを示している。つまり、CAI 形成領域においてメリライト単結晶が結晶成長する間にガスリザーバーの酸素同位体組成が ¹⁶O-poor から ¹⁶O-rich へと変化する領域が存在したことを示した。