

CAI ファッサイトの酸素同位体組成変動の起源

○川崎教行¹、正立大騎¹、山本大貴²、Steven B. Simon³、
坂本直哉⁴、塚本尚義¹

(¹北海道大学大学院理学研究院、²九州大学、³University of New Mexico、⁴北海道大学創成研究機構)

隕石の CAI (Ca-Al-rich inclusion) は太陽系最古の岩石である [1]。CAI を構成する鉱物の酸素同位体組成は、三酸素同位体図上で CCAM ラインと呼ばれる非質量依存分別線上にプロットされる非平衡分布を示す [e.g., 2]。CAI メルトからソリダス温度付近で結晶化するファッサイトの酸素同位体組成は、結晶成長に対応して ^{16}O に乏しい組成 ($\Delta^{17}\text{O} \sim -3\%$) から富む組成 ($\Delta^{17}\text{O} \sim -23\%$) へと変動する傾向を示す [3]。これはファッサイトの結晶成長中にメルトが ^{16}O に乏しい組成から富む組成へと変化していた結果であると解釈でき、 ^{16}O に乏しいメルト [4] と ^{16}O に富む円盤ガスとの間で酸素同位体交換が起きていたことを示唆する [3, 5]。一方、ファッサイトの酸素同位体組成変動が、コンドライト母天体内での熱変成中に起きた、酸素同位体の固体内拡散に起因するという説も提唱されている [6]。本研究では、熔融を経験した複数の CAI に含まれるファッサイトの局所分析の結果から、その酸素同位体組成変動の起源を議論する。

Allende の典型的な Type B1 CAI である TS34 は、ファッサイトに富むコアとメリライトに富むマントルから成る。ファッサイトは、上述の結晶成長に対応した酸素同位体組成変動を示す。さらに、約 1 mm のファッサイト結晶内において、10 μm 未満のスケールで急激に酸素同位体組成が変動する領域がみられた [3]。これはファッサイトの酸素同位体分布が、母天体上での酸素の固体内拡散によりほとんど乱されず、結晶化時の組成を保存したものであることを示す。また、Vigarano の Type B1 CAI (HKV02) のマントル部には、コア部付近から CAI リム部までを横切るファッサイトのベインが見つかった。ファッサイトベインは、コア部のファッサイトと同様の酸素同位体組成変動を示し、Type B CAI 形成時に、先に固化したメリライトマントルを横切るメルトチャンネルとして円盤ガスとの酸素同位体交換を促す役割を果たしていたと考えられる。

Allende の Golfball CAI は、Type B CAI と同じバルク化学組成をもつが、メリライトに富むコアとファッサイトに富むマントルから成るユニークな組織を示す [7, 8]。コア部とマントル部の両者に含まれる約 1 mm のブロック状のファッサイトはそれぞれ、結晶の内部まで均一に ^{16}O に富む組成 ($\Delta^{17}\text{O} \sim -23\%$) を示す。Golfball のファッサイトの酸素同位体分布が TS34 のものとは明らかに異なるにもかかわらず、両 Type B CAI が同じ Allende 隕石内に含まれることは、Allende CAI のファッサイト結晶の酸素同位体分布が、母天体上での酸素の固体内拡散により決定されたものではなく、集積以前の結晶化時に決定されたことを示す。

以上の結果から、CAI ファッサイトにみられる酸素同位体組成変動は、結晶化中のメルトの組成変動を反映しており、メルトと円盤ガスとの間で酸素同位体交換が起きていたと結論する。

References: [1] Connelly et al. (2012) *Science* 338, 651–655. [2] Clayton (1993) *Annu Rev Earth Planet Sci* 21, 115–149. [3] Kawasaki et al. (2018) *GCA* 221, 318–341. [4] Yurimoto et al. (1998) *Science* 282, 1874–1877. [5] Yamamoto et al. (2021) *GCA* 314, 108–120. [6] Krot et al. (2022) *GCA* 332, 327–354. [7] Simon et al. (2005) *MaPS* 40, 461–475. [8] Kawasaki et al. (2021) *MaPS* 56, 1224–1239.

The origin of oxygen isotopic variations for fassaite crystals in CAIs

*N. Kawasaki¹, H. Masadate¹, D. Yamamoto², S. B. Simon³, N. Sakamoto¹ and H. Yurimoto¹

(¹Hokkaido University, ²Kyushu University, ³University of New Mexico)