

Allende隕石 タイプ C CAI中の酸素同位体分布

Distribution of oxygen isotopes in a type-C CAI of the Allende meteorite

今居 創 [1], 垠本 尚義 [2]

Hajime Imai [1], Hisayoshi Yurimoto [2]

[1] 東工大・理工・地球惑星, [2] 東工大・院理工・地惑

[1] Earth and Planetary Sci., TiTech., [2] Earth & Planet. Sci., TiTech

<http://www.geo.titech.ac.jp/yurimotolab/>

Allende 隕石中のタイプ C CAIの酸素同位体比をSIMSにより測定した。本CAIの主要構成鉱物の酸素同位体比 ($\delta^{17}\text{OSMOW}$, $\delta^{18}\text{OSMOW}$)は spinel(-48.5‰,-48.3‰), fassaite(-38.5‰,-35.8‰)においては地球の酸素同位体比に比べて ^{16}O -richであり, anorthite(+2.7‰,+5.7‰), melilite(+2.5‰,+8.4‰)においては地球によく似た酸素同位体比 (^{16}O -normal)であった。各鉱物の同位体比は, ^{16}O -richな前駆物質と, ^{16}O -normalな星雲ガスが同位体交換した結果と考えられる。

従って溶融を経験していない spinelの酸素同位体比は前駆物質の酸素同位体比を表し, 溶融を経験した anorthite, meliliteの酸素同位体比は星雲ガスの酸素同位体比を表していると思われる。

Allende隕石中の難揮発性包有物 (CAI, TTA1-01) の酸素同位体比の局所分析を二次イオン質量分析法を用いて行った。本研究で測定を行った TTA1-01は, その全岩組成から Type C CAIに分類される。主要構成鉱物は anorthite, fassaite, melilite, spinelである。

TTA1-01中の各鉱物の酸素同位体比 ($\delta^{17}\text{OSMOW}$, $\delta^{18}\text{OSMOW}$)は spinel (-48.5permil,-48.3permil), fassaite (-38.5permil,-35.8permil) においては地球の酸素同位体比に比べて ^{16}O -richであり, anorthite (+2.7permil,+5.7permil), melilite (+2.5permil,+8.4permil)においては地球によく似た酸素同位体比 (^{16}O -normal)であった。各鉱物の酸素同位体は ^{3}O 酸素同位体プロット上の難揮発性鉱物混合線に沿って分布することが分かった。

Type C CAIに分類される TTA1-01と, 今までに調べられてきた Type B CAIには共通点が存在する。1.液滴より結晶化した組織を持つことである。2.酸素同位体分布がほぼ同じことである。3.主要構成鉱物と同じである。4.fassaiteの化学組成が同じである。従って Type C CAIと Type B CAIは全岩組成は異なるが, その起源, 形成過程は類似しているものと考えられる。

各鉱物の同位体比は, TTA1-01の前駆物質と思われる ^{16}O -richな端成分と, 星雲ガスと思われる ^{16}O -normalな端成分が同位体交換した結果と考えられる。前駆物質と星雲ガス間の酸素同位体交換は, 固体中での拡散では説明できないことが報告されている [1]。同位体交換は前駆物質が溶融時に行われたと考えられる。spinelは組織より TTA1-01中で唯一自形を呈していることから, 溶融を経験していないと思われる。つまり TTA1-01の前駆物質の酸素同位体比は spinelの酸素同位体比 (-48.5permil,-48.3permil) と予測される。

spinel以外の鉱物は半自形を呈していることから溶融を経験したように思われる。それでは, 溶融を経験した鉱物は, その際の同位体交換の結果を保持しているのだろうか。液滴の酸素同位体比は難揮発性鉱物混合線に沿って, 時間と共に徐々に ^{16}O -normalになったであろう。酸素同位体分布からは fassaiteが液滴から初期に結晶化し, anorthite, meliliteが後期に結晶化したと予想される。しかし, 液滴から各鉱物は連続的に結晶化を行うのに, fassaiteと, anorthite, meliliteの間の酸素同位体比を持つ, 鉱物が存在しないのはおかしい。これより, 酸素同位体分布からは fassaiteは溶融を経験せず, anorthite, meliliteは溶融を経験したと考えられる。つまり, anorthiteと meliliteは再溶融の結果であることを示唆する。

anorthite, meliliteの酸素同位体分布は同じであるが, 2つの鉱物の結晶化が同時に始まり, 終わるとは考えられない。つまり液滴の酸素同位体比が完全に星雲ガスと平衡になった後, anorthiteと meliliteは結晶化したものと思われる。これより, TTA1-01の周りの星雲ガスの酸素同位体比は (2.5-2.7permil, 5.7-8.4permil) と予測される。

同位体分布からは fassaiteは溶融を経験せず, anorthite, meliliteは溶融を経験したと考えられるが, 組織よりこれは確認できるだろうか。

TTA1-01中には最大長1mmの棒状で, 粗粒の anorthiteが存在している。これは液滴からの結晶化の際に形成されたと考えられる [2]。anorthiteは溶融を経験したと調和的である。meliliteは自形な spinelを包んでいる。この組織はの固相凝縮モデルの析出順番 (melilite spinel) に反している [3]。これは meliliteが溶融し, その後の結晶化の際に spinelを取り込んだ結果と考えられる。さらに meliliteは TTA1-01中で半自形を呈し, 粗粒である。meliliteは溶融を経験したと調和的である。fassaiteは半自形を呈し, 結晶の大きさは meliliteと同じぐらいで粗粒である。組織からは溶融したかどうかを断定することはできない。相平衡図より TTA1-01の前駆物質の溶融順番は melilite fassaite anorthiteである。anorthiteは酸素同位体分布及び組織より, 溶融を経験していることは確かである。これより, 平衡に TTA1-01が熱せられれば, fassaiteも溶融したと思われる。

本研究ではfassaiteに関して以下の2つの問題が残った。

1.TTA1-01の前駆物質が溶融した時，fassaiteだけが溶融を経験しないでいられたのだろうか。

2.溶融を経験していないと思われるfassaiteはどのようにして，spinelの酸素同位体比よりも約10‰¹⁶O-normalな酸素同位体比を持ったのか。

この2つはType B CAIにおいても，完全に解かれていない問題である。この問題の解明は原始太陽系星雲の環境を解明する鍵になると思われる。

参考文献

[1]Yurimoto et al. (1994) Earth and Planetary Science Letters 128, 47-53.

[2]Stolper, E. and Paque, J. M. (1986) Geochimica et Cosmochimica Acta 50, 1785-1806.

[3]Grossman, L. (1972) Geochimica et Cosmochimica Acta 36, 597-619.