

初期太陽系における活発な酸素同位体リザーバ変動

Fluctuation frequency of oxygen isotope reservoirs in the early solar system

伊藤 正一 [1]; 坂本 尚義 [1]

Shoichi Itoh[1]; Hisayoshi Yurimoto[1]

[1] 北大・理

[1] Natural History Sci., Hokudai

難揮発性包有物 Ca-Al-rich inclusion (CAI) は、絶対年代 4567Ma を示し (Ameline et al., 2002)、我々太陽系最古の岩石であることがいわれている。また、超新星爆発起源とされる短寿命核種である ^{26}Al を多く含んでいる物質であることから、極初期太陽系数十万年間で結晶化固化したことを示している。

Clayton (1973) により、はじめて CAI の構成鉱物から酸素同位体異常が発見され、粗粒 Ca-Al-rich inclusion (CAI) の酸素同位体分布は、spinel と fassaite が ^{16}O -rich, melilite と anorthite が ^{16}O -poor となっていることが、一般的にいわれている (e.g., Clayton, 1993)。これら CAI 構成鉱物の酸素同位体組成と結晶化順序の成因は、原始太陽系星雲内での複数回加熱溶融イベントにより、部分溶融により形成したメルトと星雲ガスとの間の酸素同位体交換による結果とするモデルが提唱された (Yurimoto et al., 1998)。しかしながら、これまでの分析精度の制約のため時間分解能が約 100 万年であるため、CAI 構成鉱物である spinel, fassaite, melilite, anorthite の各鉱物の結晶化順序は、結晶固化年代が分析誤差範囲内となってしまう、十分な年代学的制約は与えられていない。また、初期太陽系における CAI 形成領域の熱史に対して、年代学的な制約をもとにした物質進化モデルは、いまだ不明瞭である。

そこで本研究では、北海道大学設置の二次イオン質量分析計 Cameca ims-1270 を用いた時間分解能約 10 万年の高精度 Al-Mg 同位体分析手法を開発し (Itoh et al., 2007)、spinel や fassaite などこれまで年代測定困難であった CAI 構成鉱物に対して ^{26}Al - ^{26}Mg 系年代測定法を適応した。実験試料には、岩石学的、酸素同位体的研究により各鉱物毎の結晶化順番が評価されている Allende 隕石中の 7R-19-1(a) typeA CAI, HN3-1 typeB CAI (e.g., Yurimoto et al., 1998) や Yamato81020 隕石中の Y20a typeA CAI を使用した。そして、各鉱物毎の酸素同位体組成と結晶化年代を比較することにより、CAI 結晶化時に起きたと考えられる酸素同位体変動の年代差を明らかにする事を試みた。

7R-19-1(a) CAI では、 ^{16}O -rich な酸素同位体組成を示す spinel, fassaite, melilite は、この CAI 中で最も古くほぼ同時期に結晶化したことを示し、その約 20 万年後に、 ^{16}O -poor な酸素同位体組成をもつ melilite や fassaite が、ほぼ同時期に結晶化したことを示した。

Y20a CAI では、Al-Mg アイソクロンから少なくとも 5 回の溶融と結晶化を起こしたことが示され、この間に周囲のガスの酸素同位体比は ^{16}O -rich から ^{16}O -poor に変化した後、再び ^{16}O -rich な Wark-Lovering rim を形成するという同位体変動がおきていたことを示した。この 5 回の加熱イベントが起こった期間は約 50 万年であった。

HN3 CAI 中ではすべての ^{16}O -rich と ^{16}O -poor な鉱物から得られた Al-Mg 年代系が、分析誤差を考えると 1 本のアイソクロンを作り、少なくとも 2 回の加熱イベントが 10 万年以内に起こり、この間に酸素同位体比も変動したことを示した。

それぞれの CAI 間の Al-Mg アイソクロン年代は原始太陽系中における ^{26}Al の空間的不均一があれば単純に比較できないが、個々の CAI 中におけるアイソクロン年代は ^{26}Al 空間的不均一と無関係である。したがって、現在みられる個々の CAI 形成にかかった時間は種々あるが、50 年以上かかったものもあることがわかった。また、少なくともこの期間には ^{16}O -rich な星雲ガス環境と ^{16}O -poor な星雲ガス環境が存在していた。これらの異なる環境がこの期間中それぞれ原始太陽系星雲のどこかでずっと持続していたかどうかについては証拠がないが、それぞれの CAI の周りのガス環境は ^{16}O -rich から ^{16}O -poor に、あるいは、 ^{16}O -poor から ^{16}O -rich にと変動し、そのスイッチングに要した時間は、1 万年以内の場合も存在した。