

CAI と同時期に形成された FUN インクルージョン

The FUN inclusion which was formed at the timing similar to CAIs

比屋根 肇[1], 牛久保 孝行[2], 杉浦 直治[3]

Hajime Hiyagon[1], Takayuki Ushikubo[2], Naoji Sugiura[3]

[1] 東大・理・地球惑星物理, [2] 東大理地惑, [3] 東大・理・地球惑星

[1] Dept. Earth Planet. Phys., Univ. Tokyo, [2] Earth and Planetary Phys., Univ. of Tokyo, [3] Earth & Planet. Physics. Univ. of Tokyo

Kainsaz(C03)隕石から見つかった難揮発性包有物 Kz1-In2 の 0 同位体は $\delta^{17}\text{O} = -14\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O} = 6\text{‰}$ であり、一般に知られる CAI の 0 同位体比 $\delta^{17}\text{O} \sim \delta^{18}\text{O}$ と明らかに異なる。これは質量分別作用を受けた FUN インクルージョンの特徴である。また Kz1-In2 には消滅核種 ^{26}Al (半減期約 71 万年), ^{41}Ca (半減期約 10 万年) 起源と思われる ^{26}Mg , ^{41}K の過剰が見つかり、それぞれ $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0 = (5.3 \pm 0.3) \times 10^{-5}$ 、 $(^{41}\text{Ca}/^{40}\text{Ca})_0 = (1.1 \pm 0.6) \times 10^{-8}$ という初生値が求まった。FUN インクルージョンの消滅核種量は一般の CAI に比べて少ない事が知られていたが、Kz1-In2 の結果から FUN インクルージョンの形成は一般の CAI 形成時期にまで遡ることが示された。

始原的隕石であるコンドライト隕石には難揮発性元素(例えば Al, Ca など)に富む包有物: CAI がわずかながら入っていることが知られている。CAI はその特異な組成やさまざまな元素に同位体比異常が見られることなどから、太陽系の物質の起源や初期の環境を知る上で重要な測定対象となっている。本発表では Kainsaz(C03)隕石薄片に見られた CAI のうち、特徴的な酸素同位体比をもった Kz1-In2 の同位体組成を紹介し、その意味するところを考察する。

Kz1-In2 はヒポナイト(CaAl_2O_4)の自形結晶からなる核にその外側を約 5 ミクロンの厚さを持ったスピネル(MgAl_2O_4)のリムが囲む 2 重構造を持った直径約 100 μm のインクルージョンである。ヒポナイトとスピネルには FeO が有意な量入っている(ヒポナイトで約 0.5wt, スピネルで約 20wt.)が、その他の微量元素量は少なくとも走査電顕の検出可能量以下であった。同位体比の測定は東京大学にある二次イオン質量分析計(SIMS)、CAMECA ims-6f を用いて行われた。まず初めに Cs^+ の一次イオンを使用して 0 同位体比の測定を行った後、 O^- の一次イオンビームを使用して Mg および K 同位体比を測定した。それぞれの測定は妨害シグナルが排除できる程度の質量分解能を満たす条件で行われた(0 同位体比測定では $M/\text{DM} \sim 5,000$ 、Mg では $\sim 4,500$ 、K では $\sim 7,000$)。ただし、K 同位体比測定においては $^{41}\text{K}^+$ と $(^{40}\text{Ca}^{42}\text{Ca})^{2+}$ を分離するために必要な質量分解能が約 30,000 であるため、Srinivasan et al. (1996) の手法に従って $^{42}\text{Ca}^+$, $^{43}\text{Ca}^+$, $(^{40}\text{Ca}^{43}\text{Ca})^{2+}$ から $(^{40}\text{Ca}^{42}\text{Ca})^{2+}$ の寄与を見積もる事にした。測定の結果、Kz1-In2 の 0 同位体には $\delta^{17}\text{O} = -14\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O} = 6\text{‰}$ に相当する同位体比異常があることがわかった。また Kz1-In2 には消滅核種 ^{26}Al (半減期約 71 万年), ^{41}Ca (半減期約 10 万年) 起源と思われる ^{26}Mg , ^{41}K の過剰が見つかり、それぞれ親核種の初生値にして $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0 = (5.3 \pm 0.3) \times 10^{-5}$ 、 $(^{41}\text{Ca}/^{40}\text{Ca})_0 = (1.1 \pm 0.6) \times 10^{-8}$ という値が求まった。

一般に CAI の 0 同位体比は $\delta^{17}\text{O} \sim \delta^{18}\text{O}$ となる CCAM line と呼ばれる直線上におよそ -50‰ から 0‰ の範囲で分布していることが知られているが、Kz1-In2 の 0 同位体比は CCAM line から明らかにずれている。これは融解・蒸発による質量分別作用の結果であると考えられる。これまでもこのような 0 同位体比を持つものは稀に見つかっており、CAI でも特にファン・インクルージョン(FUN inclusion)と呼ばれている。FUN inclusion には他に (1) ^{26}Al の存在量が一般の CAI に比べて少ない (2) Ca, Ti 等に質量に依存しない同位体比異常がある という同位体的特徴があることが知られている。Kz1-In2 の ^{26}Al , ^{41}Ca 存在量は一般の CAI の値に一致しており、FUN inclusion に比べて多い。このことから少なくとも大きな同位体分別作用を形成する環境が一般の CAI (ほとんど同位体分別作用を受けていない) 形成と同時期にも存在したといえる。FUN inclusion の (1) の特徴は融解・蒸発イベントの起きた時期が違ふとするものと、(2) と関連付けて原始太陽系の同位体比は不均一であり ^{26}Al の存在量が異なっていたとする 2 通りの解釈があった。Kz1-In2 の 0 同位体比と ^{26}Al , ^{41}Ca 存在量は FUN inclusion と一般の CAI 両方の特徴をもつユニークなインクルージョンである。現在準備中の Ca, Ti 同位体比の測定によって一般の CAI と FUN inclusion さらに Kz1-In2 の相互の関係がより明らかになることが予想される。