

## NanoSIMS を用いた隕石の Al-Mg 年代測定

## Al-Mg dating of a meteorite by using NanoSIMS

# 佐野 有司 [1]; 高畑 直人 [2]; 杉浦 直治 [3]; 藤谷 渉 [4]

# Yuji Sano[1]; Naoto Takahata[2]; naoji sugiura[3]; Wataru Fujiya[4]

[1] 東大・海洋研; [2] 東大・海洋研; [3] 東大・理・地球惑星; [4] 東大・理・地球惑星科学

[1] Ocean Res. Inst. Univ. Tokyo; [2] ORI, Univ. Tokyo; [3] Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo; [4] Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo

コンドライト隕石中の Ca-Al-rich inclusion (CAI) やコンドリュールの形成年代の差 (Formation interval) を調べるために、消滅核種である  $^{26}\text{Al}$  (半減期 72 万年) が用いられてきた。これまでの分析手法は、二次イオン質量分析計 (SIMS) を用いる局所分析とマルチコレクター型 ICP 質量分析計 (MC-ICP-MS) を用いる精密分析法に大別される。前者は、一次イオンビームを絞ることで  $5\ \mu\text{m}$  に達する高い空間分解能を有するが、Mg 同位体比の測定精度で劣る。後者は試料をマイクロドリルで削り、酸分解・イオン交換などの精製後に測定するため、Mg 同位体比の精度は極めて高いが、空間分解能は数百  $\mu\text{m}$  と劣る。本研究では、従来型の SIMS に比較して高い空間分解能と高い質量分解能を有する二次元高分解能二次イオン質量分析計 (NanoSIMS) を用いた Al-Mg 年代測定法を確立し、炭素質コンドライトのコンドリュールの形成年代を求めることを目的とする。

分析に供した炭素質コンドライトは CV タイプに分類される Efremovka であり、その CAI は Pb-Pb 年代測定により、太陽系で最も古い年代 ( $4567.2 \pm 0.7\ \text{Myr}$ ) を示すことが知られている。また、標準試料としてエポキシ樹脂に埋め込んで表面を研磨した三宅島の灰長石とアリゾナ州サン・カルロス産のカンラン石を用いた。予め走査型顕微鏡により、Efremovka のコンドリュール中に灰長石とカンラン石を見つけておいた。隕石試料と標準試料を同じホルダーに装着し炭素蒸着を施した後に、NanoSIMS の試料チャンパー前室に導入して一昼夜ベーキングした。十分に真空が良くなった後に、試料チャンパーに移した。灰長石の分析では、酸素一次イオンを  $500\text{pA}$  (スポットの直径は  $3\sim 4\ \mu\text{m}$ ) に調整し、 $16\text{KeV}$  で引き出した二次イオンを Mattauch-Herzog 型二重収束の質量分析で分離し、静作動の磁場で、マルチコレクター型の二次電子増倍管 (SEM) により質量数  $13.5(^{27}\text{Al}^{++})$ 、 $24(^{24}\text{Mg}^+)$ 、 $25(^{25}\text{Mg}^+)$ 、 $26(^{26}\text{Mg}^+)$  を同時に検出した。質量分解能はカメラの定義で  $7000$  以上あり、 $^{48}\text{Ca}^{++}$  から  $^{24}\text{Mg}^+$  は完全に分離されている。Mg の感度は  $1\text{nA}$  あたりの酸素一次イオンに対して、約  $100\text{cps/ppm}$  である。カンラン石の分析では、始めは酸素一次イオンを  $1\text{pA}$  に調整し、灰長石と同様にマルチコレクターの SEM で分析したが、感度が非常に高いために Quasi Simultaneous Arrival (QSA) 効果と思われる複雑な同位体分別が見られた。そこで、QSA 効果を回避するために、一次イオンを  $10\text{nA}$  (スポットの直径は約  $15\ \mu\text{m}$ ) に調整し、ファラデーカップにより質量数  $24(^{24}\text{Mg}^+)$ 、 $25(^{25}\text{Mg}^+)$ 、 $26(^{26}\text{Mg}^+)$  を磁場スキャンで順次検出した。質量数  $27(^{27}\text{Al}^+)$  は検出限界以下であった。

分析した三宅島の灰長石の Mg 同位体比は  $^{25}\text{Mg}$  に換算して、 $-24\%$  から  $-30\%$  まで変動したが、 $^{26}\text{Mg}$  も  $-48\%$  から  $-60\%$  まで変動し、3 同位体プロットで傾き 2 の同位体分別線に乗っている。一方、Efremovka コンドリュール中の灰長石では、1 つのグレイン (長さ  $25\ \mu\text{m}$ 、幅  $10\ \mu\text{m}$ ) 中の 5 つのスポットで明らかな過剰  $^{26}\text{Mg}$  が見られた。サン・カルロス産カンラン石と Efremovka マトリクス中のカンラン石では、Mg 同位体比は  $^{25}\text{Mg}$  に換算して、 $-3\%$  から  $+8\%$  まで変動したが、傾き 2 の同位体分別の直線に乗っている。従って、カンラン石では過剰  $^{26}\text{Mg}$  は見られなかった。すべてのデータを Al/Mg 比対過剰  $^{26}\text{Mg}$  の図にプロットすると、Efremovka コンドリュール中の灰長石の 5 スポットに正の相関が見られた。これを消滅核種  $^{26}\text{Al}$  の寄与と仮定すると、 $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})=5.3\times 10^{-6}$  と計算される。この値を最も絶対年代の古い CAI の初生値である  $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})=5\times 10^{-5}$  と比較すると、形成年代の差は約 240 万年となった。すなわち、この Efremovka のコンドリュール中の灰長石は  $4565\ \text{Ma}$  に形成されたと推定できる。

本研究では、NanoSIMS を用いて炭素質隕石の Al-Mg 年代測定を試みた。その結果、Efremovka コンドリュール中の 1 つの小さな灰長石グレインにおいて、有意な過剰  $^{26}\text{Mg}$  が見つかり、形成年代の差を求めることができた。今後、様々な始原的隕石に応用することが可能であろう。