

## マグネシウム同位体変動と太陽系物質の起源に関する研究

教科・領域教育専攻

自然系(理科)コース

多田 祥成

指導教員 村田 守

### 1. はじめに

隕石は、原始太陽系星雲を構成していた物質の起源や進化を探る上で最も重要な物質である。隕石中の各種元素の同位体組成を分析することにより様々な情報が得られてきた。

1969年メキシコに落下した Allende 隕石は、石隕石のうちの炭素質コンドライト(C3グループ)に属し、隕石として凝集形成した後、二次的な熱変性をほとんど受けていないとされる隕石で原始太陽系星雲に関する多くの情報を与えてくれる。Allende 隕石に含まれる Ca と Al に富んだ白色包有物 CAI 中の酸素同位体比異常の発見により太陽系を構成する物質は均質でなかったという結論が導かれた。この CAI の放射性核種  $^{129}\text{I}$ — $^{129}\text{Xe}$  系に基づく形成期間は、約  $1.0 \times 10^8$  年であると求められた。しかし、同じ Allende 隕石中に存在する別の CAI 中では、消滅核種  $^{26}\text{Al}$  (半減期  $7.2 \times 10^5$  年) の崩壊によって生じた  $^{26}\text{Mg}$  による Mg 同位体比異常 ( $^{26}\text{Mg}$  の過剰) が発見され CAI の形成期間は約  $1.0 \times 10^6$  年と算出された。同じ隕石中で2桁も異なる形成期間の物質が混在するという事実より、 $^{26}\text{Al}$  と  $^{129}\text{I}$  は、異なる起源をもつことが示唆される。 $^{26}\text{Al}$  は太陽系形成直前に近傍で起こった炭素爆燃型超新星爆発で、 $^{129}\text{I}$  はこの炭素爆燃型超新星爆発のさらに1億年ほど前の r-process を伴う大型の超新星爆発により合成されたと考えられるようになった。

炭素爆燃型超新星爆発では  $^{26}\text{Al}$  以外に  $^{16}\text{O}$  や  $^{24}\text{Mg}$  なども合成されることが理論的に示されている。これまでの研究により、 $^{16}\text{O}$  の同位体過剰は隕石中の種々の鉱物で報告されているが、 $^{24}\text{Mg}$  の同位体過剰の存在についてはほとんど報告されていない。1998年、久好によって Allende 隕石の matrix 中で Mg の同位体比異常が検出されたが、その異常が  $^{24}\text{Mg}$ 、 $^{26}\text{Mg}$  どちらの過剰によるものかを決定するには至らなかった。本研究では、Allende 隕石中の matrix について Mg 同位体比測定を行い  $^{24}\text{Mg}$  の過剰の存在を見出すことを目的とした。

### 2. 試料直接充填法表面電離型質量分析計

同位体測定は質量分析計を用いて行われる。一般的な質量分析法は、イオン源部に試料を導入する前に塩または酸化物としてフィラメントに塗布し、電流を流して加熱することでイオン化し質量分析する方法や、研磨剤や洗浄液を用いて研磨した試料を2次イオン質量分析する方法がある。しかし、これらの方法では試薬や研磨剤などの地上物質からの汚染を避けることができない。試料の汚染を最小限に抑えるためには、化学的前処理を必要としないことが望ましい。そこで1997年に西村によって考案されたのが試料直接充填法表面電離型質量分析計(DLMS)である。DLMSでは固体試料から直接微量の鉱物を取り出し、それをフィラメントに充填し

加熱して原子状態で蒸発させ、その脇に設置されている表面電離用のフィラメントに接触させてイオン化する。この方法により化学的前処理が原因となる汚染は防ぐことができる。

### 3. 本研究から得られた同位体比

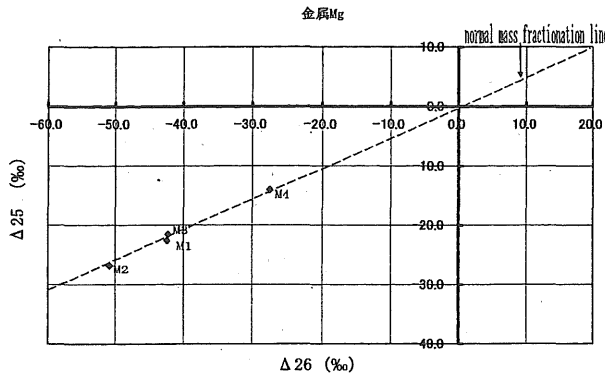


Fig. 1 金属Mgの3同位体プロット

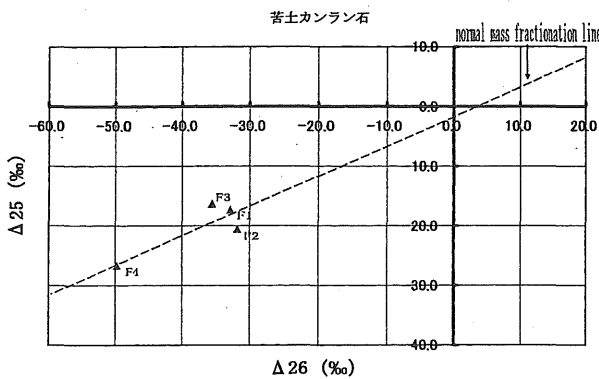


Fig. 2 苦土カンラン石の3同位体プロット

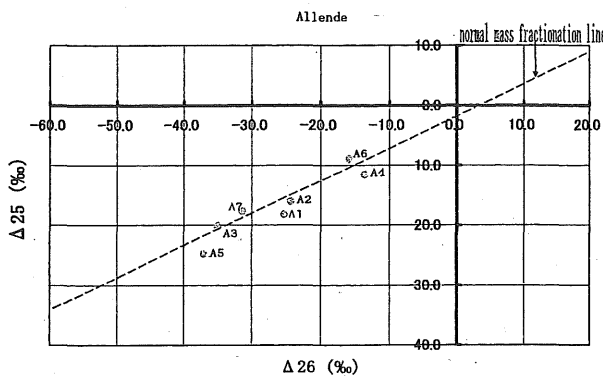


Fig. 3 Allende隕石matrixの3同位体プロット

Fig. 1, 2は実験室標準となる金属Mgと苦土カンラン石の3同位体プロットである。両者ともに

Mg同位体比はnormal mass fractionation line上に分布している。Fig. 3はAllende隕石の3同位体プロットである。約10‰のずれの範囲内でnormal mass fractionation line上に分布している。前述の実験室標準となる金属Mgや苦土カンラン石と比較しても有意な差はみられなかった。

本研究でAllende隕石のMg同位体比異常検出に至らなかったが、その原因は主に次の2つが考えられる。測定した試料の数が少なかったこと、および1つのAllende隕石片の特定の部分から集中的に試料を取り出したことである。この点に配慮して、今後は試料数をさらに増やし、取り出す部分の範囲をさらに分散させることにより同位体比の異常を検出できる状況に近づけることができるものと期待される。

### 4. おわりに

Allende隕石より検出されるMg同位体の異常は3同位体プロットより $^{26}\text{Mg}$ の過剰と $^{24}\text{Mg}$ の過剰の2通りが考えられる。 $^{26}\text{Mg}$ の過剰は、原始太陽系星雲に存在した一般的な同位体比をもつMgに、消滅核種 $^{26}\text{Al}$ のその場(in situ)でのβ崩壊によって生成された $^{26}\text{Mg}$ が付加したために引き起こされたものと考えられている。それに対して、 $^{24}\text{Mg}$ の過剰は、原始太陽系星雲が収縮する引き金となった超新星爆発により合成された純粋な $^{24}\text{Mg}$ が、原始太陽系星雲に不均一に混入し、 $^{24}\text{Mg}$ の過剰をもたらしたと考えられる。これらを結論づけるためには、継続・集中して、過剰の存在が理論的に予想される隕石マトリックスの試料を用いた実験を行う必要があるものと思われる。