

イオンマイクロプローブを用いた炭素質コンドライト中のクロム同位体異常に関する研究

An Ion Microprobe Study of Chromium-54 Anomalies in Carbonaceous Chondrites

藤谷 渉 [1]; 杉浦 直治 [2]; 比屋根 肇 [3]; 高畑 直人 [4]; 佐野 有司 [5]

Wataru Fujiya[1]; naoji sugiura[2]; Hajime Hiyagon[3]; Naoto Takahata[4]; Yuji Sano[5]

[1] 東大・理・地球惑星科学; [2] 東大・理・地球惑星; [3] 東大・理・地球惑星科学; [4] 東大・海洋研; [5] 東大・海洋研
[1] Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo; [2] Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo; [3] Dept. Earth & Planet. Sci., Univ. Tokyo; [4] ORI, Univ. Tokyo; [5] Ocean Res. Inst. Univ. Tokyo

太陽系物質の同位体組成において、その均一性の程度は重要な問題である。CV3 コンドライトに含まれる難揮発性包有物 (CAI) は、4%に及ぶ酸素の同位体異常やカルシウム、チタン、クロムやニッケルといった鉄族元素の同位体異常を示すことが知られている。これらの同位体異常は恒星における核合成反応の形跡を反映しており、それゆえ様々な核合成生成物が太陽系星雲において不完全に混合した結果と解釈できる。

CAIが鉄族元素の同位体異常を示す一方で、隕石全岩においても質量数54のクロム (^{54}Cr) の同位体異常がコンドライト、エコンドライトに対して報告されている。特に、正の同位体異常を示すのは炭素質コンドライトのみであり、最も熱変成度の小さいCI1 コンドライトにおいて最も大きな ^{54}Cr の同位体異常を呈する。酸段階溶解実験の結果からは、 ^{54}Cr 同位体異常の担体の存在が示唆されており、おそらくプレソラーグレインだと考えられている。プレソラーグレインとは、極めて大きな同位体異常を示す、非常に存在量が小さくかつ非常に微小 (数ミクロン以下) な粒子であり、始原的な隕石中でその存在が確認されている。「プレソラー」というのは、そのような非常に大きな同位体異常を示す物質は太陽系内では形成され得ず、間違いなく太陽系外起源の粒子であるという意味である。しかしながら、 ^{54}Cr 同位体異常の担体は現在まで発見されていない。その理由は、これまでのCr同位体分析は主にTIMSあるいはICP-MSを用いたものであり、隕石を酸で溶解した溶液に対して分析が行われてきたからである。

本研究では、隕石試料 (Murchison CM2 コンドライトから抽出した有機物残渣) に含まれる微小 (約1ミクロン) なCrを含む粒子に対して、NanoSIMSを用いたCr同位体分析を行い、 ^{54}Cr 同位体異常を示す未発見のプレソラーグレインの探索を試みた。そして、微小な粒子の同位体組成を測定するために、同位体イメージングの手法を用いた。同位体イメージにより、サンプル表面に存在する様々な同位体あるいは元素の空間分布を150ナノメートルの空間分解能で知ることができる。

^{54}Cr には質量数54の鉄 (^{54}Fe) が同重妨害イオンとして存在する。SIMS分析では ^{54}Cr と ^{54}Fe とを分離することができず、それが ^{54}Cr の存在量を測定することを困難にしている。その ^{54}Fe を補正するため、 ^{56}Fe の存在量を測定し、太陽組成の $^{54}\text{Fe}/^{56}\text{Fe}$ 比を仮定して ^{54}Fe の存在量を推定した。また、CrとFeに対して、分析装置由来の同位体分別効果を補正するため、地球のクロム鉄鉱、 Cr_2O_3 試薬、 Fe_3O_4 試薬を用意し、その効果を見積もった。

その結果、NanoSIMSを用いた短時間 (約5分) の分析で、 ^{54}Fe の大きな補正をした後でも、Murchisonに含まれるCrに富む粒子の $d(^{54}\text{Cr}/^{54}\text{Cr})$ の値を約20パーミルの精度で決定することができた。このように測定が短時間で済むため、多くの粒子を効率的に分析することができる。従って、NanoSIMSは大きな (例えば100パーミル) 同位体異常を示すプレソラーグレインならば発見することができる能力を有することが分かった。

本研究で分析した粒子の数は240個ほどに及ぶが、 ^{54}Cr 同位体異常を示すプレソラーグレインを発見することはできなかった。もし ^{54}Cr 同位体異常の担体がCrに富む物質だった場合、分析した240個の粒子のいずれもが ^{54}Cr 同位体異常を示さなかったということから、その担体は存在量が小さく非常に大きな同位体異常を示す、あるいはその担体は極めて微細な粒子である、ということが示唆される。前者の場合、本研究の結果から、プレソラー起源のCrの存在量は最大で約0.5 ppmと推測され、同位体異常は約500パーミル以上であると考えられる。