

炭素質コンドライト隕石中の同位体異常をもつ有機物の水素・窒素同位体組成と産状

Hydrogen and nitrogen isotopic compositions and occurrences of isotopically anomalous organic matters in carbonaceous chondrites

(提出先：北海道大学大学院理学院自然史科学専攻，2013年3月)

橋口未奈子 (Minako Hashiguchi) 所属：独立行政法人物質・材料研究機構

E-mail : HASHIGUCHI.Minako@nims.go.jp

始原的隕石である炭素質コンドライト隕石には最大数 wt% の有機物が含まれており、その多くは酸処理で分離可能な不溶性有機物である。炭素質コンドライト隕石中の有機物からは、重水素 (D) や¹⁵N に大きく富むものが報告されており、同位体的特徴から分子雲や初期太陽系円盤外縁部起源が提唱されているが、そのどちらであるかは特定されていない。このような同位体異常をもつ有機物の起源が特定出来れば、分子雲や初期太陽系円盤外縁部の環境や物理化学反応のさらなる理解に繋がることが期待される。先太陽系時代の分子雲で形成した有機物は、先太陽系時代に形成した粒子 (プレソーラー粒子) を付随していると予測され、有機物に付随する鉱物は隕石有機物の起源を特定するための重要なツールとなる。しかし、従来の隕石有機物の研究の多くは、酸処理によって、隕石鉱物から分離した不溶性有機物を用いていたため、有機物と鉱物との関係は良く分かっていない。また、隕石有機物の同位体組成は太陽系内の変質変成で変化する事が示唆されており、隕石有機物の起源を理解するには同位体的進化も明らかにする必要がある。本研究では、酸処理を行わずその場分析を用い、炭素質コンドライト隕石の D や¹⁵N に富む有機物の同位体的、形態的特徴を明らかにし、有機物の起源や進化に制約を与えることを目的とした。

本研究では、化学処理を行わずその場分析を用いて D や¹⁵N に富む有機物の探索および観察、同定を行った。同位体顕微鏡システムを用いた同位体イメージングによりその場同位体比分析を行い、同位体異常をもつ有機物を探索した。同位体顕微鏡システムは、投影型二次イオン質量分析装置と二次元イオン検出器 SCAPS を組み合わせた分析機器である。有機物の観察には、走査型電子顕微鏡とエネルギー分散型 X 線分光器を用い、物質の同定のためラマン分光分析も行った。試料には NWA 801 と Murchison の2種類の炭素質コンドライト隕石を用いた。

NWA 801隕石と Murchison 隕石から、合計113個の D や¹⁵N に富む炭素質物質を発見した。発見した物質は、水素や窒素を含み、また、同位体組成は、炭素質コンドライト隕石の不溶性有機物からの報告値と類似していた。多くの場合、物質の D と¹⁵N の過剰は一致しなかった。さらに、Murchison 隕石には、NWA 801隕石より D に富む炭素質物質の割合が少なかった。物質のラマンスペクトルは、炭素質コンドライト隕石の不溶性有機物のスペクトルと類似していた。発見した物質は、粒子状の炭素質物質であり、ケイ酸塩や酸化物を含むリング状の

粒子 (ring globule と分類した) や、ケイ酸塩との集合体 (globule aggregate と分類した)、鉱物と付随しない丸あるいは不規則な形状をした粒子で、多くは globule aggregate であった。Ring globule, globule aggregate に付随した鉱物の酸素同位体組成は太陽系物質と同じであった。

発見した炭素質物質は D や¹⁵N の過剰を示し、水素や窒素を含み、そして、同位体組成やラマンスペクトルが炭素質コンドライト隕石の不溶性有機物と類似していることから、隕石有機物に対応していると考えられる。同位体的特徴から、分子雲や初期太陽系円盤外縁部における多様な同位体分別効果で生じた D や¹⁵N の過剰を引き継いだ有機物であることが示唆された。

Murchison 隕石および NWA 801隕石は、それぞれ CM 2, CR 2コンドライト隕石に分類される隕石である。両者は隕石母天体で水質変質を経験した隕石であるが、その程度は CM 2コンドライト隕石の方が大きいと考えられている。また、太陽系内の水は隕石有機物より δD 値が低いと報告されている。以上から、Murchison 隕石には NWA 801隕石よりも D に富む有機物の割合が少ないという本研究の結果は、水質変質の際の水との同位体交換反応により Murchison 隕石有機物の D の過剰が消失したためであると考えられる。

Ring globule は、ユニークな形状から、分子雲や初期太陽系円盤外縁部での紫外線照射を経て形成した有機物粒子に対応すると考えられる。このような物質は、理論的に予測されていたが報告例がなく、本研究で隕石中から初めて発見された。有機物の多くはケイ酸塩との集合体であったことから、大部分の有機物は形成後あるいは形成時にケイ酸塩と合体したことが分かった。Ring globule と globule aggregate に付随する鉱物は、酸素同位体異常を示さないことから、太陽系で形成した物質であると考えられ、ring globule や globule aggregate は初期太陽系内で形成したことが示唆された。

本研究では、炭素質コンドライト隕石から D や¹⁵N に富む有機物を大量に発見し、その同位体的、形態的特徴を明らかにした。さらに、鉱物を付随した有機物の発見に成功した。NWA 801隕石と Murchison 隕石には、プレソーラー粒子を付随した、明らかに先太陽系起源と考えられる有機物はほとんど保存されていないことが分かった。先太陽系起源の有機物は、NWA 801隕石、Murchison 隕石母天体集積前あるいは集積時に破壊され形状が変化している、または、同位体異常を失っていると考えられる。