

CR コンドライトマトリックスの同位体イメージング・サーベイ ~ 13C の過剰をもつ物質の発見 ~

Survey of matrix materials from CR chondrite using isotope imaging ~in situ discovery of objects with heavy carbon~

永島 一秀[1], 塚本 尚義[2]

Kazuhide Nagashima[1], Hisayoshi Yurimoto[2]

[1] 東工大・理工・地球惑星, [2] 東工大・院理工・地惑

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. Tech., [2] Earth & Planet. Sci., TiTech

我々が手にする隕石中の、~100ppm という微量の塵は太陽系形成前の恒星において生成された物質である。これらは、一般にプレソーラーグレインと呼ばれる。プレソーラーグレインは、太陽系とは著しく異なった同位体組成を持ち、太陽系形成以前に存在した星に関する情報および、太陽系を形成するに至った物質について直接的な証拠を与えてくれる物質である。

その一方で、太陽系を形成した分子雲を起源とする物質の痕跡が、惑星間塵(IDPs)や隕石中から発見されてきている。この痕跡は、重水素の大きな同位体異常や 15N の過剰に特徴付けられており、分子雲の観測結果における水素同位体比に達するような大きな重水素の過剰まで IDP において発見されてきている(Messenger, 2000)。

これまでプレソーラーグレインの研究は、酸処理の残渣についての同位体研究がほとんどであるため、酸に溶ける相において同位体異常をもつものを見逃している可能性がある。また、分子雲起源の物質について隕石中から同定された例は少なく、何が分子雲起源物質のキャリアーであるのか詳細にはわかっていない。そこで、本研究では、隕石薄片よりマトリックス物質について同位体イメージングテクニクを適用し、同位体異常をもつ物質の探求を広範囲に渡って行った。

本研究に用いた隕石は、CR2 コンドライト NWA-530 である。CR コンドライトは、これまでの研究により、大きな水素同位体異常(Guan et al., 1997)や、窒素同位体異常(Ash et al., 1993)をもつものの存在が知られている。隕石薄片の反射電子像および、EDS を用いた元素マッピングにより、隕石中のマトリックス部分を同定し、同位体イメージングを行う領域を選定した。

同位体イメージングは、筆者らが開発を行った二次元同位体分析法(Kunihiro et al., 2001; Yurimoto et al., 2003)を利用する。これは、二次元イオン検出器 SCAPS と投影型二次イオン質量分析計(SIMS)とを組み合わせたシステムである。二次元同位体分析法は、粒子を個々に測定するのではなく、およそ 100 ミクロン四方の分析領域内に含まれる数万個の粒子を同時に測定し、評価することを可能とする。取得した二次イオンイメージは、12C-, 13C-, 16O-, 18O-, 27Al-, 28Si-, 30Si-の7種である。蓄積時間の長い 13C, 18O, 30Si の測定前後に、強度変化の補正を行うため 12C, 16O, 28Si の測定をそれぞれ行った。取得した二次イオンイメージの除算により、炭素、酸素、ケイ素の同位体イメージが得られる。

マトリックス部分を中心に、40 面の炭素、酸素、ケイ素同位体イメージを取得した。同位体イメージには、マトリックスの他に、コンドリュールの破片や、難揮発性包有物、ダークインクルージョンなどが含まれていた。同位体イメージの空間分解能は2~3 ミクロンであった。測定精度は、炭素、酸素、ケイ素同位体について、それぞれ、4%、1%、2%であった。本研究においては、大きな同位体異常をもつ物質の探求を目的とするため、質量分別効果および、マトリックス効果の補正は行わなかった。各同位体比は、マトリックス部の平均値からの偏差をデルタ表記に従い千分率で表した。

酸素同位体イメージでは、Vigarano 隕石マトリックスの酸素同位体研究(Kunihiro et al., 2002)同様に、数ミクロンサイズのオリピンに 16O に富む組成($d18O = -40\text{permil}$)をもつものが存在した。しかし、大きな同位体比異常をもつものの存在は発見されなかった。また、ケイ素同位体は分析精度内で、全て均一な同位体組成であった。一方、炭素同位体イメージは、13C の過剰を示す相の存在を明らかにした。ダークインクルージョン中からは、 $d13C = +3800\text{permil}$ の同位体異常をもつ粒子が発見された。この粒子は、SEM による観察および、炭素の非常に強いイオン強度からグラファイトであると予想される。サイズは1 ミクロン程度であった。また、 $d13C = +300 \sim +1000\text{permil}$ の炭素同位体比をもつものが、5 個発見された。これらは、サブミクロンサイズであり、周囲のサブミクロンサイズの粒子の集合体であるマトリックス物質と区別がつかず、SEM-EDS を用いて鉱物同定にはいたらなかった。

$d13C = +3800\text{permil}$ をもつグラファイトと思われる炭素質物質は、その同位体比から AGB 星を起源とするものと思われる。一方、 $d13C = +300 \sim +1000\text{permil}$ をもつ物については、相の同定および、起源を同定するため水素や窒素同位体の情報が不可欠である。