

## 始源惑星物質中に見られる先駆太陽粒子

## Presolar grains found in primitive planetary materials

# 矢田 達 [1]  
# Toru Yada[1]

[1] JAXA  
[1] JAXA

始源的惑星物質中から見つかる先駆太陽粒子について、その種類、同位体的特徴、考えられる起源についてまとめ、その研究成果の天文学・惑星科学的意義について考察する。

宇宙に存在する元素の内、Heより原子番号の大きなものは星の中の核合成で生成されたと考えられている。それらは老年期の星から放出され、星間空間を漂った後、やがては星の形成領域である星間分子雲に取り込まれ、新たな星の材料物質となる。これらの星間塵の内、およそ46億年前、太陽系の元となる分子雲に取り込まれて原始太陽系星雲中の熱的過程を経ずに太陽系物質と共に微惑星に集積し、今日隕石・宇宙塵などの中から見つかるものを我々は先駆太陽粒子と呼ぶ。

これまでに発見された先駆太陽粒子の種類は、SiC、グラファイト、ダイヤモンド、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、スピネル、ヒボナイト、珪酸塩鉱物（もしくは非晶質珪酸塩）などである。粒径は数nm程度から10μmを超えるものまで様々である。炭素質隕石中でのこれらの先駆太陽粒子の存在度は10ppb~500ppmである。いずれも、太陽系物質と大きく異なる同位体比を持つことから先駆太陽粒子と同定された。

現在、最も研究が進んでいる先駆太陽SiCは、C、N、Siの同位体比からMainstream、X、Y、Z、A+B、Novaの6種類に大別される。SiCの90%を占めるMainstreamタイプは<sup>13</sup>C、<sup>14</sup>N、<sup>29</sup>Si、<sup>30</sup>Siに富む同位体比から、漸近巨星分枝星(Asymptotic Giant Branch star, AGB star)と呼ばれる、太陽質量の1/10から8倍程度の晩年期の星からの質量放出により形成されたと考えられる。これらの粒子はKr、Zr、Mo、Xe、Baなどの元素でAGB星のヘリウム燃焼核で起こるs過程による同位体異常のパターンを示す。タイプXのSiCは<sup>15</sup>Nと<sup>28</sup>Siに富む同位体比から、太陽質量の8倍以上の恒星の末期に起こるII型超新星爆発起源と考えられる。これらの粒子はZr、Mo、Xe、BaなどでII型超新星爆発により起こると考えられるr過程による同位体異常のパターンを示す。タイプY、Zは重元素に乏しいAGB星起源と考えられているが、まだ明確ではない。タイプA+Bの起源は特殊なAGB星起源などは示唆されるものの、不明瞭である。NovaタイプのSiCは、著しい<sup>13</sup>C、<sup>15</sup>N、<sup>26</sup>Al、<sup>30</sup>Siの富化から、連星系の白色矮星で起こる新星爆発起源であると考えられる。

先駆太陽グラファイトはNの同位体比については太陽比と大きく変わらないが、C同位体は大きなバリエーションを示し、特に<sup>12</sup>Cに富むものが多い。先駆太陽グラファイトのKrの同位体はs過程起源のパターンを示し、更にそれらの密度により同位体組成が異なる。低密度のグラファイトは、太陽と同等かそれ以上の重金属比をもつAGB星起源、高密度のものは、太陽より著しく重金属比が低いAGB星起源である事が示唆される。ただ、超新星爆発起源の同位体的特徴の混入も見られ、その起源・過程は解明されていない。

先駆太陽ダイヤモンドは粒径が~2nmと極めて小さく、存在度は炭素質隕石中で500ppmと最も多く含まれる先駆太陽粒子である。小さい故に、個々の同位体分析は行われていないが、バルク分析でXe-HLと呼ばれる同位体異常を示し、これらはp過程及びr過程の寄与だと考えられる。Teでも同様にr過程の同位体パターンを示し、これらの元素の同位体異常の特徴はII型超新星爆発起源だと考えられている。

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、スピネル、ヒボナイト、珪酸塩鉱物（および非晶質珪酸塩）など酸化物の先駆太陽粒子は、酸素同位体異常のパターンからグループ1、2、3、4と4つに分類される。グループ1~3は酸素同位体比及び推定される<sup>26</sup>Al/<sup>27</sup>Al初生比から、酸素に富む赤色巨星もしくはAGB星起源と考えられる。グループ4の先駆太陽酸化物粒子の起源は未だ不明瞭である。

Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>はC、N、SiでタイプXの先駆太陽SiCとよく似た同位体比を示し、超新星爆発起源であると考えられる。

この様に、隕石・宇宙塵中から見つかる先駆太陽粒子の同位体的特徴は、星の核合成過程に基づいた数値計算から導き出された同位体比や恒星のスペクトル観測から求められた同位体比と良く一致する場合があります。それらについては起源が明確に推定される。先駆太陽粒子は星の核合成過程の結果を直接反映する唯一の物質的証拠である為、今後もこれらの粒子の物質科学分析と恒星の核合成理論計算と恒星観測とで相互に論証を行いつつ、研究が行われていくだろう。

また惑星科学的観点から、様々な始源的惑星物質中での先駆太陽粒子の種類、存在度、産状を研究することにより、原始太陽系星雲中での先駆太陽粒子の空間分布、環境の物理化学的条件の制約の情報が得られると考えられる。ひいては原始太陽系星雲中の熱的過程のモデルについて示唆を与える物証ともなると期待される。