

始原的エンスタタイトコンドライトにおけるプレソーラー粒子

Presolar Grains in Primitive Enstatite Chondrites

(提出先：北海道大学大学院理学院, 2009年3月)

江端新吾 (Shingo Ebata)

所属：北海道大学大学院理学院自然史科学専攻

プレソーラー粒子は太陽系を創る材料になった粒子であり、太陽系物質とは非常に異なる同位体組成を持つ事により特定されている。これまで特定の始原的隕石においてその存在が報告されてきた。始原的な隕石にはエンスタタイトコンドライト (以下 ECs)、普通コンドライト (以下 OCs)、炭素質コンドライト (以下 CCs) の3種類あり、各々の隕石が太陽系形成時の酸化還元状態の多様性を反映している。ECs は最も還元的な環境で形成された特殊な隕石である。その特殊な環境形成過程についてこれまでに様々なモデルが提唱されているが、満足のいくものはない。プレソーラー粒子がその環境を作ったとされるモデルも存在する事から、原始太陽系形成時の初期条件としてプレソーラー粒子の空間的分布や原始太陽系内における変成プロセスを知る事は重要である。その仮説が正しければ、ECs においてプレソーラー粒子の存在度や鉱物種はユニークであると考えられる。従って、本研究では還元的な環境におけるプレソーラー粒子の変成プロセスの解明を目的とした。

本研究では高精度な同位体イメージングに同位体顕微鏡システムを用いた。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イオン検出器 SCAPS を組み合わせたシステムである。隕石の岩石学的研究、プレソーラー粒子の鉱物同定には電界放大型電子顕微鏡とエネルギー分散型 X 線分析装置を組み合わせたシステムを用いた。鉱物同定はプレソーラー粒子の平均サイズが約 $0.3 \mu\text{m}$ と非常に小さい事から非常に困難であったが、本研究において開発した新たな手法を用いる事により鉱物の同定率が従来の方法よりケイ酸塩粒子で60%、炭素質粒子で43%上昇した。

プレソーラー粒子は母天体上の熱変成や水質変質により容易に破壊されてしまう事が報告されている為、試料には ECs の中でも母天体上で熱変成が少なく、始原的であると考えられている ALHA 81189, Y-691, SAH 97072 の3種類の隕石を用いた。

プレソーラーケイ酸塩粒子は酸素同位体比イメージによって同定され、ALHA 81189 で19個 (存在度: 17 ppm)、Y-691 で3個 (4 ppm) 発見した。SAH 97072 では発見する事ができなかった。一方、プレソーラー炭素質粒子は炭素同位体比イメージによって同定され、ALHA 81189 で13個 (12 ppm)、Y-691 で14個 (20 ppm)、SAH 97072 で3個 (8 ppm) 発見した。8

個のケイ酸塩粒子の鉱物種の同定に成功し、その75%が輝石であった (11 ppm)。また6個の SiC 粒子 (11 ppm) と7個のグラファイト粒子 (2.7 ppm) の同定に成功した。そのうち硫化物で取り囲まれているプレソーラー粒子を2個発見した。その硫化物の硫黄同位体組成は太陽系の同位体組成に近い組成であった。

ケイ酸塩粒子の酸素同位体組成は約90%が ^{17}O に非常に富んで ^{18}O は太陽系の同位体組成に近い組成を持っていた事から、ほとんどの粒子が酸素に富んだ AGB 星を起源とする事が示唆される。一方、炭素質粒子の炭素同位体組成の分布においても炭素に富んだ AGB 星を起源とする事が示唆された。先行研究によると、CCs, OCs 中のプレソーラー粒子も同様の傾向を示している。従って、太陽系を作る原料になった粒子は酸化還元環境によらず、酸素に富んだ AGB 星と炭素に富んだ AGB 星の混合で形成された事を示唆している。つまり、同様に供給された材料は太陽系内で均質に混合し分布していた事が示唆された。

ECs 中には熱変質に弱いとされているグラファイト粒子が非常に多く生き残っていた事が判明した。グラファイトは還元環境で非常に安定な鉱物である為、破壊プロセスを逃れた事が示唆される。また、ECs 中のプレソーラーケイ酸塩粒子の鉱物種のほとんどがパイロキシン組成を持っている事から、還元環境ではオリビン組成を持った粒子が選択的に破壊される事が示唆された。プレソーラー粒子を取り囲んでいる硫化物と内包されている粒子が太陽系組成であった事からこの複合粒子は原始太陽系内で形成された事を示唆している。このような粒子は ECs だけに存在する事から還元環境での形成を示唆している。本研究により、ECs 中のプレソーラー粒子は ECs 形成時の還元環境により太陽系形成時の加熱プロセスを生き残り、母天体上においても還元環境により保存されていた事が示唆された。

本研究は太陽系起源の最大問題の1つであるプレソーラー粒子に関して、エンスタタイトコンドライト中に新しいプレソーラー粒子を発見し、原始太陽系星雲の進化と太陽系極初期天体におけるプレソーラー粒子の存在について新知見を得たものであり、宇宙化学の進展に対して非常に重要な結果となった。