

隕石と小天体に残された太陽系初期の物質分化の痕跡

荒井朋子

千葉工業大学 惑星探査研究センター (tomoko.arai@it-chiba.ac.jp)

太陽系の固体惑星形成に至るまでの物質分化の道筋や太陽系物質の多様性は、隕石研究に基づき理解されている。地球型惑星形成の従来のシナリオは以下の通りである。原始太陽系星雲内でチリやガスが集積し、コンドライト様物質が形成し、微惑星が衝突と合体をくり返し、小惑星や惑星に成長していく。その過程で、天体上では低温加熱による水質変性、やや高温加熱による焼結、さらなる高温加熱により局所的な溶融が起こり、それらに伴い、物質が分化する。直径が数 100km 級の天体になると、天体の全部または大部分が溶融し、その溶融物からの結晶化により、地殻—マントル—金属核といった地球型惑星に見られる層構造が形成される。本講演では、近年発見された新種の「原始的分化隕石」や「鉄隕石中のケイ酸塩包有物」に着目し、これまでよくわかっていなかった、太陽系最初期の溶融現象に伴う物質分化過程の物理的・化学的挙動を紹介する。

コンドライト物質が何らかの熱源による加熱を受けると、局所的な溶融(部分溶融)が始まり、比較的融点の低い鉱物相が選択的に溶融を始める。温度が上がり、溶融液(メルト)がある程度の量に達すると(約 20-30vol%)、メルトと溶け残り部分の分離が起こる。メルトには、FeS-FeNi の共融点組成の金属メルトとナトリウムや鉄に富むケイ酸塩メルトの二種類があることが実験からわかっている。これまで発見された隕石の中には、溶け残りを代表するもの(ロドラナイト、アカプルコアイトなど)と、金属メルト(鉄隕石)に相当するものがあった。一方、ケイ酸塩メルトに相当する隕石が見つかっていなかったのは隕石学上の大きな謎であった。しかし、近年ケイ酸塩メルト相当の隕石(未分類隕石 GRA06128/06129 や IAB、IIE 鉄隕石中のケイ酸塩包有物)が発見されたことにより、微小天体における部分溶融に伴い生成するメルトの化学組成やメルトの物理的挙動の理解が進みつつある。

これらの隕石は、共通してナトリウムに著しく富む($\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Na})$ 比=11-15)斜長石(>50 vol%)が存在する。一方、小惑星の溶融メルト起源のユークライトやアングライト中の斜長石はナトリウムに乏しい($\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Na})$ 比>80)。両者の違いは、メルトの前駆物質のナトリウム濃度の違いだと考えられる。微小天体上の局所溶融起源のメルトでは揮発性元素であるナトリウムは保持されるが、よりサイズの大きい天体の場合、全球規模の溶融に伴い、ナトリウムを含む揮発性元素の大部分が蒸発により失われ、天体上で生じたメルトはナトリウムに枯渇すると説明できる。

微小天体起源の局所溶融の際、ナトリウムは優先的にメルトに入り、溶け残り部分は相対的にナトリウムに枯渇する。従って、局所溶融により、ナトリウムの不均質分布が天体内で生じると考えられる。この仮説と調和的な組成分布を示す天体例として、小惑星フェイトン—ふたご座流星群が挙げられる。この二つは、現在は別々の天体であるが、軌道計算より元は同一の天体であることが分かっている。ふたご座流星群の観測により、彗星としては著しく(二桁低い)ナトリウムに枯渇しているが明らかになり、ナトリウム枯渇の原因が議論されている。太陽近傍まで接近する軌道(水星—太陽の近日点距離の半分以下)のため、太陽による加熱によるものか、母天体上でのナトリウム枯渇あるいは不均質分布によるものか、よくわかっていない。小惑星フェイトンは、スペクトルタイプBまたはFで、加熱脱水した炭素質コンドライトと関連付けられている。もともと揮発性元素に富む母天体で、表層では水質変性、内部では局所溶融により、ナトリウムの不均質分布が生じたことも考えられる。従って、小惑星フェイトンには、微小天体での局所溶融過程の痕跡が残されている可能性があり、太陽系初期の物質分化を解く鍵を握る、重要な探査ターゲットと考える。