

微隕石の溶け残り鉱物の化学組成：コンドライトとの比較

今栄直也（極地研・隕石）・岩田尚能（山形大・理）

はじめに

微隕石はコンドライト的全岩組成を有するが、地球に落下する隕石の 80%以上を占める平衡普通コンドライトとの類似性は低く、非平衡コンドライト的である。非平衡コンドライトは良く知られている様にコンドリュール、マトリックス、および難揮発性包有物から構成される太陽系星雲の出来事を凍結した始源物質である。微隕石の多くが非平衡コンドライト質であることは微隕石研究の重要性を高めている。

しかしながら、微隕石とコンドライト隕石種との類似や相違については、比較する情報が不十分なために良く理解されていない。この問題は微隕石の供給源の多様性を理解する上で重要である。

本研究では、とつつき岬裸氷帯で氷の溶融・ろ過によって採集した固体微粒子から見出した 103 個の微隕石を用いて岩石学的・鉱物学的に非平衡コンドライトとの比較を行い、微隕石の非平衡コンドライトとの関連性を詳しく調べた。

試料

微隕石：大気圏での溶融を免れた 23 個の微隕石からのかんらん石と 9 個からのカルシウムに乏しい輝石。

比較に用いた非平衡コンドライト：5 つの水質変成を受けた炭素質コンドライト (Y-791198 CM2.4, Y980051 CM2, Y-793495 CR2, A-881595 CR2, Tagish Lake ungrouped carbonaceous)、3 つの無水の炭素質コンドライト (Y-81020 CO3.0, Kainsaz CO3.2, Allende CV3)、5 つの非平衡普通コンドライト (ALH-764 LL3.3, Y-790448 LL3.2, Semarkona LL3.0, Mezö Madaras L3.7, Y-82038 H3.2)、1 つの非平衡ルムルチコンドライト (PRE95404 R3.5)。

分析手法

エレクトロン・プローブ・マイクロアナライザー (日本電子 JXA-8200 およびカメカ SX-100) による。

比較の方法

- ・エレクトロン・プローブ・マイクロアナライザーで分析できる $> 5 \mu\text{m}$ の粒子サイズ。
- ・かんらん石およびカルシウムに乏しい輝石それぞれについて、横軸に FeO を、縦軸に CaO, MnO, Al_2O_3 , および Cr_2O_3 をとって分析データを作図した。
- ・領域を囲むのではなく、直接プロットしたデータを相互の比較に用いることで目視による類似性の判断ができる。

溶け残りの判断基準

微隕石に含まれる鉱物には、地球大気圏で溶融を経なかった溶け残り鉱物と地球大気圏での溶融後に結晶化した鉱物がある。これらを区別するにあたっては、組織と組成の両者が重要である。組織については、コンドリュールの再現実験の結果を基にすると良く理解できる。例えば、棒状かんらん石組織からなるスフェルール状の微隕石は、大気圏で全溶融を受けている。この組織は、微隕石の多くを占める。一方、斑状かんらん石組織からなるスフェルール状の微隕石は、大気圏で全溶融を受けておらず、斑晶のかんらん石コア部にしばしば溶け残り鉱物が認められる。このことは、斑晶の中で急激な組成変化を受けて

いることから確認できる。また、大気圏溶融を受けた後に析出したかんらん石は、ニッケル成分 (< 3.5wt%) やアルミニウム成分 (< 0.4wt%) が高くなる場合がある。これらの特徴から、23 個のかんらん石を溶け残りとして判断した。

一方、カルシウムに乏しい輝石は、不定形の微隕石からのみ見つかる。これらは、微隕石の形状から判断して全て大気圏であり溶融を受けなかった溶け残りであると言える。そのため、9 個のカルシウムに乏しい輝石は溶け残りであると判断した。

結果と議論

かんらん石

溶け残りかんらん石個々の化学組成は大きな組成幅を持たないが、FeO 成分は 0-36 wt% に分布する。FeO が 10 wt% 以下のマグネシウムな溶け残りかんらん石は、その出現頻度が 65% である。一方、FeO が 10 wt% を超す鉄に富む溶け残りかんらん石は、35% と少ない。

非平衡普通コンドライトや一部の無水炭素質コンドライト (Allende および Kainsaz) のかんらん石の FeO 成分は、0-40 wt% に満遍なく広く分布する。一方、水質変成を受けた非平衡炭素質コンドライトや Y-81020 (CO3.0) のかんらん石の FeO 組成には大きな偏りが見られ、FeO < 2 wt% のかんらん石 (フォルステライト) が支配的である。この領域では、FeO に対して、CaO と Al₂O₃ 成分は負の相関が、MnO と Cr₂O₃ 成分には正の相関が見られる。一方、FeO = 6-16 wt% 付近に分布するかんらん石はほとんど見られず、また、FeO = 16-40 wt% では散在して分布する。

水質変成を受けた炭素質コンドライトの FeO < 2 wt% のかんらん石に見られる鉱物学的特徴 (下線部) は、非平衡普通コンドライトでは明瞭でない。微隕石の溶け残りかんらん石には下線部の特徴が見られるので、この組成領域に分布する溶け残りかんらん石は炭素質コンドライトとの類似性があると判断できる。

以上より、23 個の溶け残りかんらん石の 48% は非平衡普通コンドライトに、39% が非平衡炭素質コンドライトに類似する。残りの 13% のかんらん石は、ユニークなコンドライト種とは言えず、大気圏下で結晶化したかんらん石か、溶け残り鉱物そのものが小さいために精度良く分析できなかったかのどちらかと考えられる。

カルシウムに乏しい輝石

9 個の溶け残りのカルシウムに乏しい輝石のうち、それらの FeO 成分は、大部分は 0.4-10 wt% に分布する。鉄に富む輝石の数は極めて少ない。

非平衡普通コンドライトのカルシウムに乏しい輝石の FeO 成分は、0.3-25 wt% に分布し、非平衡炭素質コンドライトはいずれも 5 wt% 以下である。

カルシウムに乏しい輝石の比較は、かんらん石の場合よりやや難しいが、56% が非平衡普通コンドライトと類似し、33% が非平衡炭素質コンドライトと類似する。また、1 個 (11%) は、ユニークな組成を有し、高い MnO 成分 (FeO = 3.5 wt% で MnO = 1.3 wt%) を持つ。これは、Klöck et al. (1989) によって IDP や非平衡コンドライトのマトリックスから見出された LIME (low iron manganese enriched) 輝石と類似する。

まとめ

今後、さらに微隕石の溶け残り鉱物の非平衡コンドライトとの比較研究を多様な観点から進め、その起源に関して知見を積むことは惑星物質の多様性の探求という観点から重要である。