

シリカエアロゲルを用いた超高速捕獲過程における鉱物の加熱変化について

Thermal alteration of minerals during hypervelocity capture in silica aerogel

野口 高明[1]; 奥平 恭子[2]; 中村 智樹[3]; 矢野 創[4]

Takaaki Noguchi[1]; Kyoko Okudaira[2]; Tomoki Nakamura[3]; Hajime Yano[4]

[1] 茨城大・理; [2] 総研大・物理・宇宙科学; [3] 九大・理・地球惑星; [4] JAXA/ISAS 固体惑星科学研究系

[1] Ibaraki Univ; [2] Sokendai; [3] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.; [4] Dept. of Planetary Sci., JAXA/ISAS

1. はじめに シリカエアロゲルは極低密度(0.03g/cm³未満)のSiO₂ゲルである。この物質は、超高速(数km/s以上)のマイクロメテオロイドの捕獲媒体として、地球低軌道を飛行する人工衛星や宇宙ステーション、あるいは、ヴィルト第2彗星の塵を捕獲するスターダスト探査機にも使用されてきた。十km/s以下の速度でシリカエアロゲルに飛び込んできた粒子は捕獲される。ところが、捕獲過程の熱的影響の評価は不十分であった。我々はこの捕獲過程の評価を行ってきた(Okudaira et al., 2002; 2004)。本発表では捕獲粒子の物質変化について報告する。

2. 実験手法 蛇紋石(リザーダイト)、クロンステットタイトおよびマーチソン隕石の粉末をサボに詰め、シリカエアロゲルに2段式ガス銃を用いて撃ち込んだ。プロジェクトイルの速度4km/s台まではJAXA/ISAS、6km/s台はケント大学の装置を使用した。捕獲粒子はトラックの計測後、茨城大学のクリーンルームにおいて摘出した。個々の粒子の全岩鉱物組成は高エネルギー加速器研究機構の放射光実験施設において測定した(SR-XRD)。さらに、茨城大学において超薄切片を作成、TEMを用いて特に粒子表面付近の物質の変化を観察・分析した。粒子断面観察にはFE-SEMも用いた。

3. 結果とその意義 プロジェクトイルの速度が3km/s後半から4km/s台前半の実験は、蛇紋石とクロンステットタイトについて行なった。どちらの場合も、SR-XRD測定においては鉱物の変化は検出されなかった。捕獲された蛇紋石粒子断面をTEM観察すると、粒子表面から1μm近くは部分的に分解していることが分かった。一方、クロンステットタイト粒子の場合は、表面に厚さ約1-200nmの発泡を起こしている層、その内部に厚さ1-500nmでクロンステットタイトが分解した層が観察された。それよりも内側は特に変化は認められない。これらの化学組成を測定すると、鉱物粒子表面の部分的から完全にアモルファス化した層の化学組成は粒子内部の変化を起こしていない部分とほぼ同じ化学組成を持っていることが分かった。発泡部分はクロンステットタイトとシリカエアロゲルの中間的な組成であり、粒子と捕獲媒体の両者が溶けて作られたことがわかる。

プロジェクトイルの速度が6km/s台の場合でも、SR-XRDでは蛇紋石とクロンステットタイト共に、変化は検出できない。ところが、TEMおよびFE-SEMで捕獲粒子断面の観察を行なうと、両方で非常に大きな違いが存在する。蛇紋石の場合、捕獲粒子表面に4km/s台で捕獲されたクロンステットタイトの場合とよく似た組織が観察される。すなわち、粒子表面に厚さ1μm以下の発泡した層があり、その内側に厚さ1μm程度の部分的に分解した層が観察された。ところが、クロンステットタイトの場合、発泡は広範に起きており、溶融発泡部分と部分的に分解した部分、変化の起きていない部分が入り混じっており、粒子全体はボタン状テクタイトによく似た形態をとる。

6km/s台で捕獲されたマーチソン隕石の粉末についてのSR-XRDデータは、鉄を含む蛇紋石とクロンステットタイトばかりでなく、トチリナイトも存在していることを示している。TEMとFE-SEMで捕獲粒子断面を観察すると、粒子の組織はクロンステットタイト捕獲粒子の場合とよく似ているが、溶融と発泡の程度は低い。TEM観察では無傷のタイプIIのPCPが観察された。

トチリナイトの分解温度は245といわれている(Gooding and Zolensky, 1992)。本研究は、捕獲された残存粒子径が30μm程度あれば、この温度で分解する物質であっても十分無傷で手に入れられる可能性を示している。スターダスト探査機のWild第2彗星起源の塵との相対速度は6.4km/sであるので、少なくともこの程度の温度で分解する物質は無傷で入手可能だろう。しかし、彗星塵は粒子のゆるい集合体と考えられていることから、捕獲粒子全体の組織と構成物質は相当破壊されているであろう。また、今回SR-XRDだけでは捕獲粒子が破壊されていることは検出できなかった。スターダスト捕獲粒子の研究ではエアロゲルから粒子を取り出さずに非破壊で研究する方法が各種開発中であるが、それだけでは彗星塵の本来の性質と捕獲過程における変化を分離できない可能性がある。今後、極小さな捕獲粒子の摘出・ハンドリング技術が鍵となるテクノロジーとなるだろう。