

スターダスト～ミクロの目で見える彗星の姿～回収から一次分析まで

Stardust sample recovery, curation and science: Submicron dust particles from Comet 81P/Wild-2

中村 圭子 [1]; スターダスト一次分析チーム 中村 圭子 [2]

Keiko Nakamura-Messenger[1]; Keiko Nakamura-Messenger STARDUST Preliminary Examination Team[2]

[1] 米航空宇宙局・ジョンソン宇宙センター; [2] -

[1] NASA/JSC; [2] -

NASAの彗星探査機スターダスト探査機からテニスラケットのように突き出ている彗星塵捕獲トレイにはエアロジェルが133個並んでおり、毎秒6 kmの高速で飛んでくる彗星塵がこの特殊なスポンジ状タイルに突き刺さり回収する仕組みになっている。打ち上げから5年後の2004年1月、スターダストはビルト第2彗星に接近し彗星塵を回収。昨年1月、スターダストは彗星試料カプセルを地球に向けて放出、アメリカ・ユタ州ソルトレイク市郊外にある空軍基地に無事帰還した。二日後、カプセルはテキサス州ヒューストンのNASA ジョンソン宇宙センターに特別機で空輸された。スターダスト試料専用の無塵室で、予想を上回る数の彗星塵が肉眼でも確認できたのである。

図1は、エアロジェルを横から見た画像で、3つの彗星塵の衝突・通過痕(トラック)が確認できる。彗星塵は図の右側から進入し、数十 μm ～数mm通過した後、破碎・減速して停止している。衝突後、エアロジェルとの摩擦によって通過経路上に多数の細かな粒子が剥がれ落ちている。それと同時に摩擦熱によって彗星塵は一気に過熱され、内部の揮発性物質が蒸発し、エアロジェルを膨張させる(図1右側)。その後、最も硬くて大きい粒子だけが枝分かれしながらも直進し、ついに減速して停止する。図1の左側にはそれらの生き残り粒子が確認できる。彗星塵がエアロジェルから取り出される前に3段階の綿密な写真撮影・記載解析作業が行われる。(これらの画像・記載データはWild-2彗星塵サンプルカタログとして、ジョンソン宇宙センターのウェブサイト上で誰でも閲覧することができる。<http://curator.jsc.nasa.gov/stardust/>)

カプセルの帰還から4日後には最初の彗星塵が取り出された。試料分析にあたっては、隕石鉱物学者から有機化学者まで世界9カ国180人の研究者が招集され、スターダストの一次分析が開始した。鉱物/岩石学、分光学、バルク組成、有機分析、同位体分析、衝撃物理解析の6つのチームに分かれ、これまで研究上ではしのぎを削り合ってきたライバル研究者同士が、あらゆる手法を駆使し、10ミクロンほどの塵一粒から全ての情報を引き出すこと8ヶ月。徐々に彗星が真の姿を顕した[17]。彗星塵からは数種類の有機物がこれまで検出された[3]。有機物の中には絶対零度に近い環境、つまり低温の星間雲でしか形成され得ない水素・窒素の同位体異常が見られた[4]。これはヴィルト第2彗星の中の有機物の中には太陽系46億年の歴史の間変質せず、太陽系形成以前の星雲ガスの情報を保持しているものがあると解釈できる。ヴィルト第2彗星は、数十nmの細粒の鉱物(最大のものでも1ミクロン程度)が寄り集まって出来ている。主鉱物である輝石・カンラン石の組成をみるとマグネシウム、鉄の含有量に幅広いばらつきがある[7]。これはそれらの鉱物が出来上がった原始太陽系星雲ガスの組成の不均一さを意味している。輝石・カンラン石の酸素同位体測定の結果を見ると、際立って異なる酸素同位体異常を示さないことから、ヴィルト第2彗星はまさしく太陽系に属しているということがわかる。(これまでの測定では星間起源の粒子は一粒しか見つかっていない。)

その一方で、彗星塵の中からは2000以上の高温状態つまり原始太陽の近傍でないと形成され得ない鉱物(カルシウム、アルミニウムに富む酸化物)も発見されたのである[7]。これは「ウィンド」[8]と呼ばれる原子惑星系円盤の中心星から噴出する超音速の双極流によって、中心星近くで出来た固体が、彗星が誕生したカイパーベルトあたりまで到達したことを裏付ける証拠と言える。原始太陽系での予想を超える大規模な物質の大循環が起こっていたのだ。これまで彗星は、「低温物質が寄り集まり、凍って出来た天体」と考えられてきたが、少なくともこのヴィルト第2彗星に関しては、この定説が完全には当てはまらないことがわかった。しかし、分析された彗星塵は持ち帰られた全試料の0.1%にも満たない。ミクロスケール・ナノスケールで、これからもまだまだ彗星の分析は進んでゆく。どんな謎が解明されるのか、これからの彗星塵分析に期待いただきたい。

1. D. Brownlee, et al. Science 2. F. Horz, et al. 3. S.A. Sandford et al. 4. K.D. McKeegan et al. 5. L.P. Keller, et al. 6. G.J. Flynn, et al. 7. M.E. Zolensky, et al. 17 は全て Science, 314, 1711-39 (2006)

8. F.H. Shu, H. Shang, T. Lee: Science, 271, 1545 (1996)

図1 エアロジェルの横から見た双子の宇宙塵トラックと細かいキャロット状トラック(図上方)。トラックの途中部分のすすけて見える部分にも多数の彗星塵物質が含まれている。

