

スターダストトラックをもとにしたWild2 彗星塵の密度分布の推定

土山 明[1]; 飯田洋祐[1]; 門野敏彦[2]; 中村智樹[3]; 坂本佳奈子[4]; 中野 司[5]; 上杉健太郎[6]; Michael Zolensky [7]

[1] 阪大・院理・宇宙地球; [2] 阪大・レーザー研; [3] 九大・理・地球惑星; [4] 九大・理; [5] 産総研地質情報研究部門; [6] JASRI; [7] NASA/JSC

NASAのサンプルリターン計画（スターダスト計画）により、人類は初めて彗星の塵を手にした[1]。6.1km/sec という超高速で突入してくる彗星塵をできるだけ無傷での捕獲することをめざし、エアロジェルと呼ばれる極低密度（5-50 mg/cm³）の多孔質シリカガラスが捕獲媒体として使用された。しかしながら、彗星塵は超高速突入によって分裂し、とくに最も始原的であると考えられる微細粒子の集合体は融けたエアロジェルと混合するなど、オリジナルな構造を保ったままでの捕獲はできなかった。一方、エアロジェル中に形成されたさまざまなサイズ・形状をもつ衝突トラックは、分裂の程度の違いや彗星塵の構造の違いを反映していると考えられる。捕獲された彗星塵の突入前のオリジナルな情報（サイズ・密度など）を復元するには、捕獲プロセスの記録として残っているトラックの形状や、トラックに沿って分布する粒子の化学組成に注目する事が重要である。これまで、室内での衝突模擬実験の結果を基に、トラックの最大径から突入彗星塵のサイズを推定し、彗星塵の粒径分布が推定されている[2]。また、トラックに突入した粒子の化学組成が報告されている[3]。

我々の研究グループは、様々な形状をもつ衝突トラック10個について、マイクロトモグラフィによる3次元内部構造撮影とX線蛍光分析を、放射光施設SPring-8のビームラインBL47XUにおいておこなった。これらにより、トラックの定量的な3次元構造（トラック長、幅、体積、入口径など）およびトラック内部に存在する彗星塵由来のFeの分布を求めることができた[4]。これにより、異なる形状のトラックでも、トラック入口（エアロジェル表面）付近の構造はほぼ同じであり、また入口付近にはFeはほとんど分布していないことがわかった。この結果をもとに、彗星塵が突入して間もないエアロジェルの表面付近では、超高速突入により発生した衝撃波がトラックの形状に強く関与しているというトラック形成モデルを提案した。

次に、それぞれのトラックを形成した彗星塵の個々の密度を推定した。これは、今回提案したトラック形成プロセスモデルおよび「トラックの体積が突入粒子の運動エネルギーに比例する」こと（たとえば[5]）を仮定することにより求めた。スターダストトラックおよび、密度既知の粒子を用いてスターダスト級エアロジェルに約6 km/secで打ち込んだ衝突実験によって生成されたトラックについて、マイクロトモグラフィによって求めたトラックサイズデータを用いて校正することにより、スターダストカタログに掲載されている約150個のトラックについて、Wild2 彗星の塵の密度を推定し、[2]を用いて推定した粒

径との関係を求めることができた。これにより、彗星塵の密度は $0.83 \pm 0.20 \sim 5.88 \pm 0.64$ g/cm³ の範囲を示し、平均密度は 1.03 ± 0.14 g/cm³ と見積もることができた。また彗星塵中に見られた「コンドリュールに似た結晶性の良い硬い粒子」（たとえば[6]）は、体積比で彗星塵全体に対しておおよそ5 vol.% 程度含まれている事がわかった。これは、初期太陽系での大規模な物質移動の結果、太陽系の内側で形成された高温生成粒子（コンドリュールやCAI）[6,7] が彗星形成領域に移動したその輸送量を表わしていると考えられ、初期太陽系形成論に大きな制限を与えるものと考えられる。

さらに、「トラックの体積が突入粒子の運動エネルギーに比例する」という仮定と、トラックに含まれる全Fe質量より、トラックを生成した彗星塵粒子のFe濃度を推定することができる。彗星塵粒子全体の平均的なFe組成はCIコンドライトに近いことがわかっているが[3]、これに比べて低いFe濃度をもつもの（たとえば、トラック65, 99, 100, 140）や高いFe濃度をもつもの（トラック98）が存在する。CAIのような粒子はFe濃度も低いことが予想されるが、トラック65や140のようにバルブ状のトラック形状（type-C）をもつものは、揮発性の高い有機物などの大量の揮発性物質をもっていたことが予想される。また、トラック140のように極端に低いFe濃度をもつものは、揮発性成分として氷も存在していた可能性がある。

[1] Brownlee et al. (2006) *Science*, **314**, 1711-1716.

[2] Burchell et al. (2008) *Meteor. Plant. Sci.*, **43**, 23-40.

[3] Flynn et al. (2006) *Science*, **314**, 1731-1735.

[4] Tsuchiyama et al. Submitted to *Meteor. Plant. Sci.*

[5] Kadono (1999) *Planet. Space Sci.*, **47**, 305-318.

[6] Nakamura et al. (2008) *Science*, **321**, 1664-1667.

[7] Zolensky et al. (2006) *Science*, **314**, 1735-1739.