#### 論文紹介セミナー 21<sup>st</sup>, Sep., 2010

Meteoritics and Planetary Science Vol. 44, 1243-1264

# Penetration tracks in aerogel produced by Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> spheres



Friedrich Hörz, Mark J. Cintala, Thomas H. See, and Keiko Nakamura-Messenger

紹介者:新居見励(阪大・M2)

#### INTRODUCTION -silica aerogel as capture media-









#### INTRODUCTION

Stardustでは様々な粒子が捕獲された <> バラエティに富んだ衝突トラック形状



大きな粒子はほぼ無傷である一方、小さな粒子は溶けてしまっている。

粒子によってP-T(Pressure - Temperature)条件も様々

・粒子がエアロジェルに捕獲されるメカニズム(力学、熱力学)の理解

捕獲過程における鉱物の変化(→元の鉱物組成などの推定)

## **IMPACT EXPERIMENTS**

Projectile size (µm)	Impact velocity (km/s)	Target *	Purpose
35	6.18	20 mg/cm <sup>3</sup> aerogel	duplicate Stardust, size dependence
60	6.04	20 mg/cm <sup>3</sup> aerogel	duplicate Stardust, size dependence
105	6.10	20 mg/cm <sup>3</sup> aerogel	duplicate Stardust, size dependence
60	5.21	20 mg/cm <sup>3</sup> aerogel	velocity dependence
60	3.64	20 mg/cm <sup>3</sup> aerogel	velocity dependence
60	3.11	20 mg/cm <sup>3</sup> aerogel	velocity dependence



Projectile: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (コランダム) 球 35µm, 60µm, 105µm

# 多結晶質な表面

Gun:2段式軽ガス銃(5-mm two stage light gas gun)

## Projectile:コランダム

これまでに多くの実験が行われてきたガラスより、 熱力学的特性がはっきりわかっており、貫入中の アブレーションや質量損失が少ない上に、衝突の 衝撃によって破砕しない。

**Target**: 20mg/cm<sup>3</sup>エアロジェル (ODC用) 密度勾配のついたStardustエアロジェルは複雑な ので、密度が均一なものを用いた。

#### Overview







 $60~\mu m$  @ 6.04 km/s

60 µm @ 3.10 km/s

#### Entrance Hole





・衝突速度が速くなるにつれて丸い入口の周りにクラックが入る。(cavityの形成時にできたもの)

・入口径は、衝突速度が速い(>5km/s)場合は、同じ条件でも2倍程度違うことがある。(F,G)
 → 入口径と突入粒子径を関係付けるときには注意が必要である。

## Throat and Main Cavity







カミソリの刃で切り開いて見たトラックの内面 60 μm @ 6.04 km/s

cavityの形成時には、エアロジェルの溶融が起こる。

60 μm @ 6.04 km/s

## cavityの表面のspiral構造について

3.1,3.6km/sのトラックには存在しない  $\rightarrow$  速度依存 ODC(~15km/s)やStardust(6.1km/s)のトラックには頻繁にあるわけではない  $\rightarrow$  密度依存 **エアロジェルを溶かすための十分な圧力が発生すると、 このようなスパイラル構造を作ることができる(かも)。** (Stardustでは密度の低いものが貫入したためにメルトがあまりできず、 ODCでは速度が速すぎてメルトができすぎたために、スパイラル構造が多くできなかった。)

1 mm

throat cavity stylus

Stylus



60 μm @ 5.2 km/s

stylusには、"spike"がついている。

spikeは、エアロジェルが溶けなくなって、固体状態で 破壊され始めてから形成され、終端まで続いている。 →非常に幅広い条件でspikeは形成される。

spikeのサイズは、トラック終端に行くにつれて小さくなり、stylusの径 に比例しているようにも思える。 プロジェクタイルの減速プロファイルと関係があるかも? →詳しい解析は今後。







60 µm @ 3.1 km/s トラックの入口付近

cavityが無く、>5km/sでできるトラックの stylus部分とそっくり。入口から終端付 近までspikeが付いている。ただ、入口 にはcone型の裂け目がある。



#### Projectile Residues -SEM,EDS-









60 μm @ 3.1 km/s ほぼ完全に元の状態を保っている。



← 突入前のコランダム球(60 µm)

60 μm @ 6.04 km/s

•3.1km/sに比べ3.6km/sのresidueの方が 多くのエアロジェルをまとっている。
•5.2km/sと6.1km/sのresidueは殆ど同じ。
•6.2km/sの35ミクロンと60ミクロンはあまり 変わらない。
•105ミクロンは35,60に比べてmass lossが 激しい。



track shape

5~6 km/s

stylus

Projectile Residues -SEM, EDS-



← 突入前のコランダム球(60 µm)

melt tip: Siに加えてAIも多くあることから、 溶けたエアロジェルと、コランダムの混合物である。 →温度が2054℃(コランダムの融点)を超えていた このAIを含んだ溶融物は、 cavityで形成された。 3.1,3.6km/sのresidueは多結晶質な表面を >5.2km/sのresidueは多結晶質な表面を保持 保持しており、表面にはAlはない。 しておらず、表面がなめらかになっている。 track shape →溶融しない throat cavity stylus エアロジェルもコランダムも溶融しない エアロジェル・コランダムの溶融 コランダム・エアロジェルが 溶けて、プロジェクタイル後 半面に溶融物を蓄積 melt tip stylusでは、ridgeが常にエアロジェルに接していて、 cavityで形成された溶融物(melt tipなど)がはぎとら ridge れるのを防いでいた。

#### TRACK MORPHOLOGY -summary-



# TRACK DIMENSIONS

throat cavity stylus



SLG,Al2O3でできたトラックの長のサイズ依存@6km/s

SLG,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>でできたトラックの長の速度依存





過熱状態のaerogelに曝され、接触面付近のみで溶融する。(小さなものは全部溶融)

## CONCLUSIONS

corundum(35,60,105mm)を用いて20mg/cm<sup>3</sup>aerogelへの衝突実験(3-6km/s)を行い、 衝突トラックと捕獲粒子を詳細に観察、分析した。

#### -Track morphology-

<u>Cavity</u> 速度の速い(>4km/s)時のみ形成。 corundumが溶けて(>2054°C)、溶けた aerogelとの混合物を形成。

#### <u>stylus</u>

固体状態でaerogelが破壊される。 cavityに近いところはトラックが不透明で、とげとげしたspikeがある。 トラック終端に進むにつれ、それがconeに変わっていくとともにトラック が透明になる。



#### -Thermal environment-

Anderson and Cherne (2008)によると、6km/sの衝突でaerogelは8000Kまで加熱される。 超高温のaerogelと接触したprojectileは主に接触面付近で溶融し、溶けたaerogelとの 混合物を作る。