

平成28年度 宇宙科学に関する室内実験シンポジウム

講演番号35

# 宇宙塵捕集のための超低密度二層型 シリカエロゲルの開発と較正



田端 誠 (千葉大学), 長谷川 直 (JAXA)



2017年2月27-28日 JAXA 宇宙科学研究所

- × 研究の概要と目的
- × “たんぽぽ”ミッションとシリカエアロゲルによる宇宙塵捕集器“キャプチャーパネル”
- × “シリカエアロゲル”とは？
- × 超低密度2層型シリカエアロゲルの開発
- × 2段式軽ガス銃実験
- × 解析状況
- × まとめ

**超低密度材に超高速で微粒子を撃ち込んだらどうなるのか？**



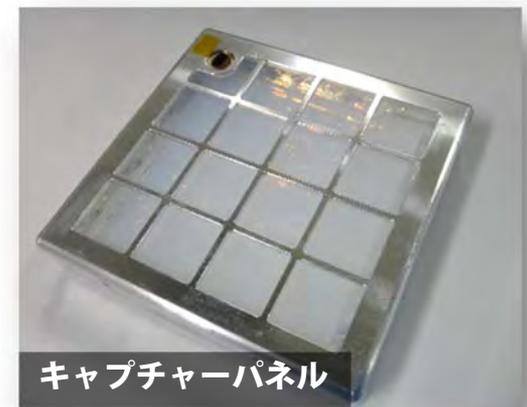
**超低密度材に残された微粒子の衝突痕から何がわかるのか？**

(シリカエアロゲルのような超低密度材を用いれば、  
微粒子を蒸発させることなく捕獲できる)

- × **シリカエアロゲル**に、2段式軽ガス銃で**宇宙塵**模擬粒子を撃ち込む
- × 国際宇宙ステーションにおける**“たんぽぽ”**ミッションへの応用  
(宇宙塵の**非破壊捕獲**材として、独自開発のシリカエアロゲルを利用)

# “たんぽぽ”ミッション

- × 国際宇宙ステーションの日本実験棟の曝露部を利用したアストロバイオロジー宇宙実験（約30の研究機関が参加）
- × 宇宙塵の捕集実験と微生物・有機物の宇宙曝露実験  
→ 6つのサブテーマ
  - ・ 微生物の捕集（地球由来の）
  - ・ 微生物の曝露
  - ・ 有機物の曝露
  - ・ 惑星間塵の捕集
  - ・ 独自開発シリカエアロゲルの宇宙実証
  - ・ スペースデブリの捕集
- × シリカエアロゲルを非破壊捕集材としたキャプチャーパネルを開発



キャプチャーパネル

# “たんぽぽ”ミッションの経過

- × 2007年: 実験提案
- × 2007年: 0.01 g/cc単層エアロゲルの開発
- × 2012年: 密度2層型エアロゲルの開発
- × 2013年: エアロゲルの量産
- × 2014年: キャプチャーパネルの組み立て
- × 2015年: 打ち上げ・装置曝露
- × 2016年: 第1期試料帰還



# 本研究の目的

## × 室内実験による“たんぽぽ”エアロゲルの較正

- ・ エアロゲルに残された衝突痕の形態から，衝突捕獲の物理パラメータをどこまで再構成できるか？  
→ 粒子径，粒子密度（凝集状態），衝突速度，衝突（到来）方向

## × “たんぽぽ”エアロゲルの性能評価

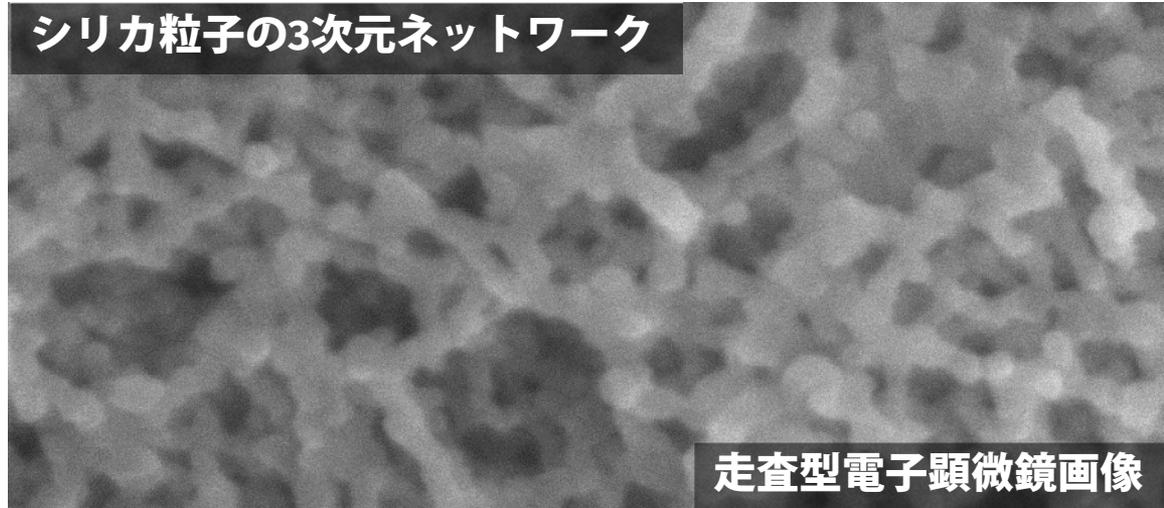
- ・ 超低密度エアロゲル（0.01 g/cc）はホントに宇宙塵の非破壊捕獲性能に優れているのか？  
→ さらなる高性能化を目指した，低密度化（< 0.005 g/cc）

## × 超低密度材による超高速衝突捕獲の物理の理解

- ・ 低密度小天体の衝突の物理への応用（ができればいいな）

- × エアロゲルとは、**ゾル-ゲル法**により合成したウェットゲルから、**超臨界乾燥法**などにより溶媒を抽出した構造体  
(構造体成分がシリカなら、シリカエアロゲル)
- × **ゾル-ゲル法**  
シリカの"もと" + 水 + 希釈溶媒 + 触媒  
(加水分解 + 縮重合)
- × 原料試薬の配合比で、**シリカ粒子の3次元構造が決まる**
  - **密度**のコントロール
  - **透明度**のコントロール
- × **透明で低密度な固体**
  - **宇宙塵の非破壊捕集と観察**に適している

シリカ粒子の3次元ネットワーク



走査型電子顕微鏡画像

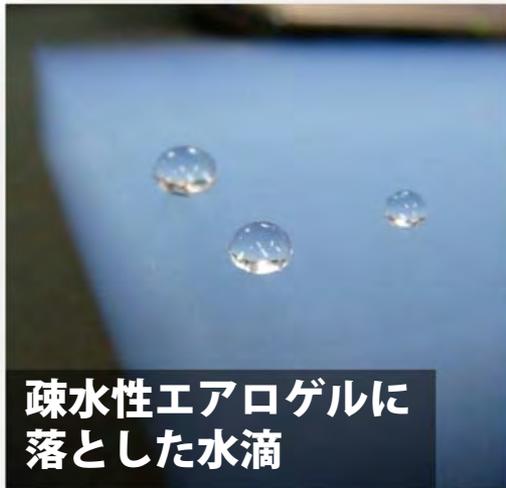
# シリカエアロゲルのつくり方

## 千葉大“手作り”レシピ

- × ウェットシリカゲル合成
- × 熟成
- × 疎水化
- × 溶媒置換
- × 超臨界（炭酸）乾燥



ウェットゲル

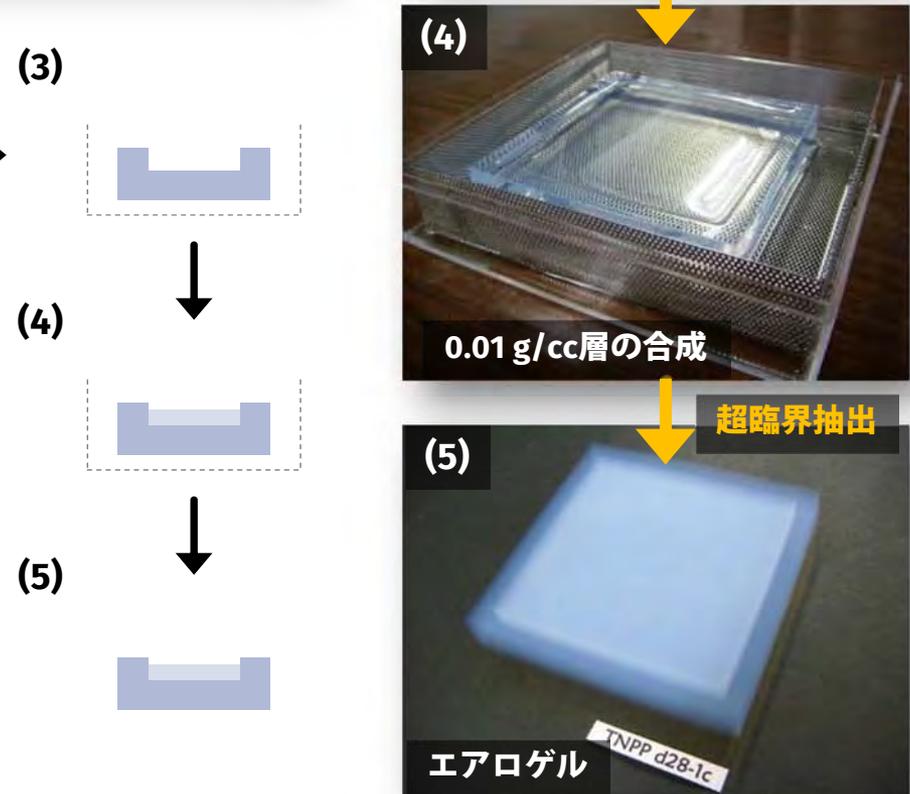


疎水性エアロゲルに  
落とした水滴



超臨界乾燥装置

# 2層型シリカエアロゲル



# 2段式軽ガス銃@宇宙科学研究所

10

2014年6月

長谷川さん

田端



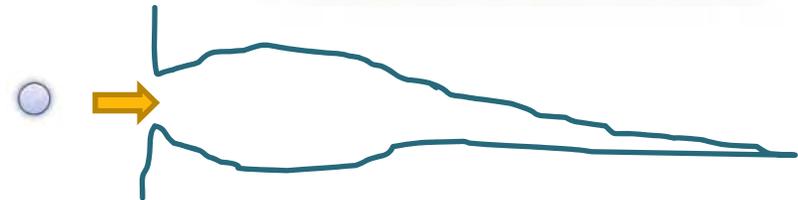
## × “ハード”な宇宙塵模擬粒子

→ ガラスビーズ  
(粒径の揃った市販品が利用可能)

→ 粒径 **10, 20, 30  $\mu\text{m}$**  を利用 (散弾)

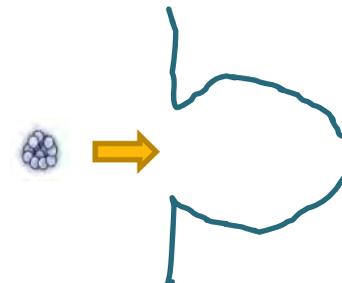
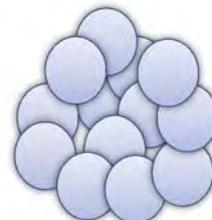
→ サボを使った射出速度は **2, 4, 6 km/s**

本研究はこちら



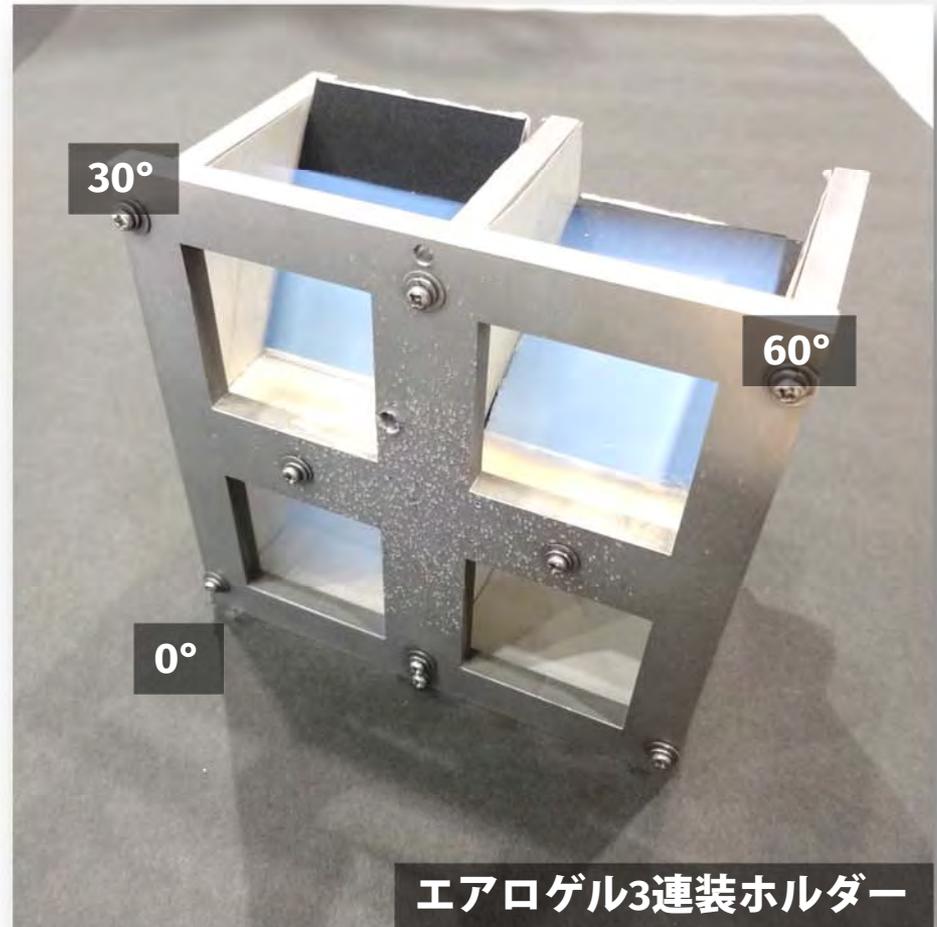
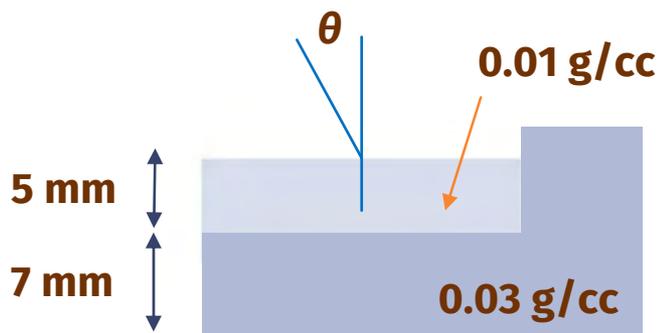
## × “ソフト”な宇宙塵模擬粒子

→ 粘土鉱物など (の凝集体)



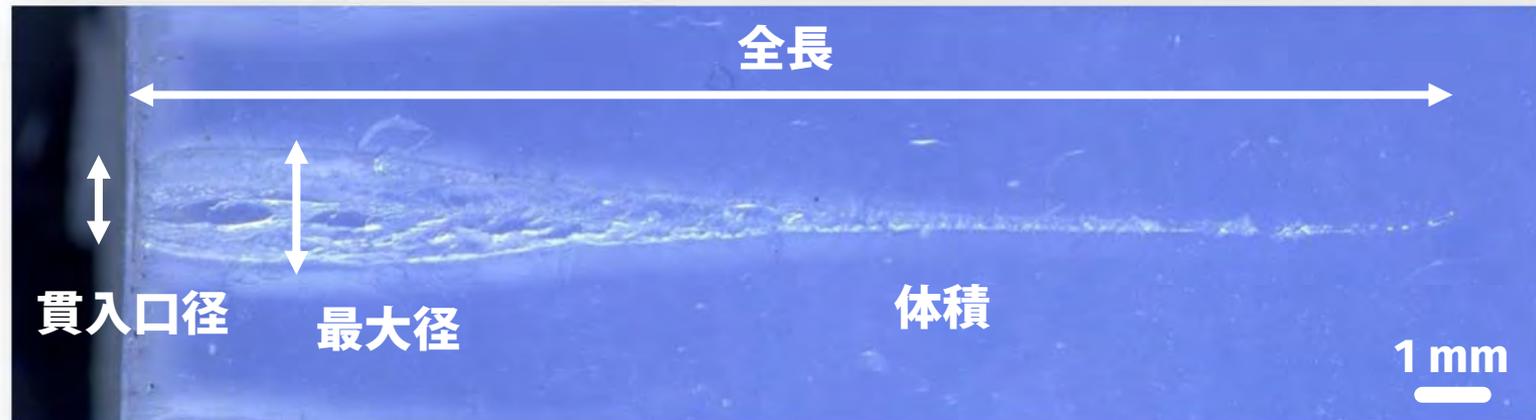
# シリカエアロゲル（ターゲット）

- × “たんぽぽ”仕様エアロゲルを増産
- × 1ショットで衝突角度  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  のサンプルを取得



# 衝突痕（トラック）観察

- × デジタルマイクロスコープ（キーエンス, VHX-5000）を利用



# 衝突トラック撮像例

× ガラスビーズの粒径が小さくなるほど、衝突トラックが小さくなり、観察が難しくなる

→ 超低密度エアロゲル (0.01 g/cc) は比較的透明度が低い

→ 多数のガンデブリの中に衝突トラックが紛れている

30  $\mu\text{m}$ , 6 km/s, 30°



捕獲粒子



1000  $\mu\text{m}$

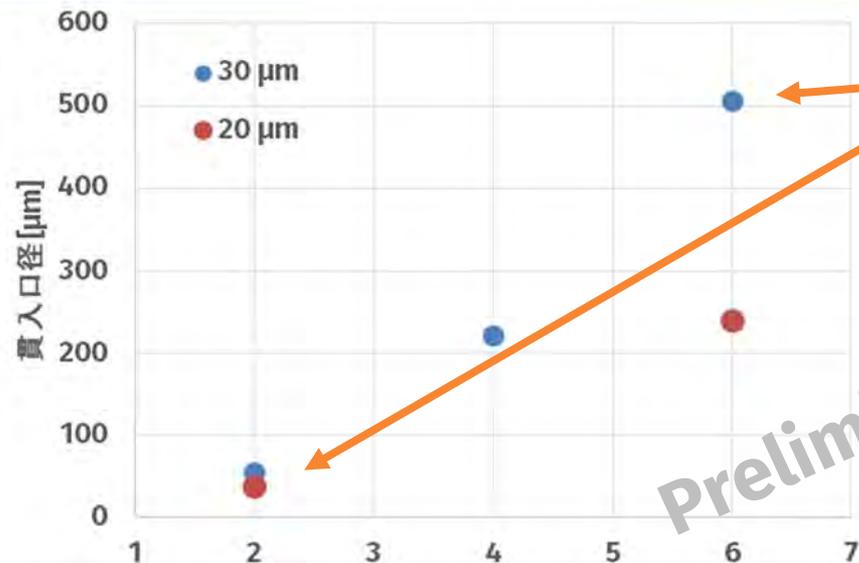
10  $\mu\text{m}$ , 2 km/s, 30°

捕獲粒子

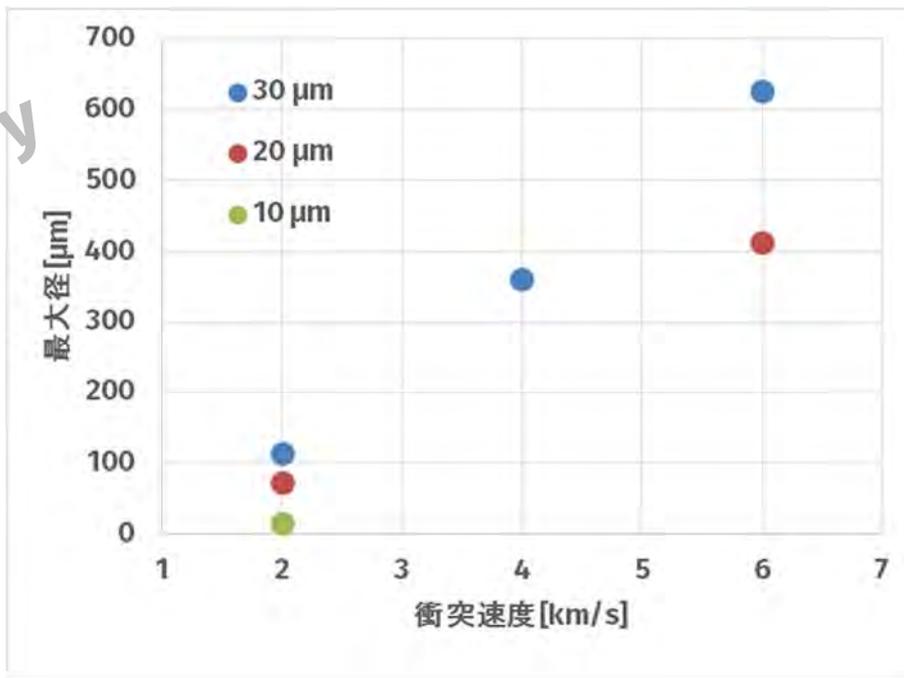


1000  $\mu\text{m}$

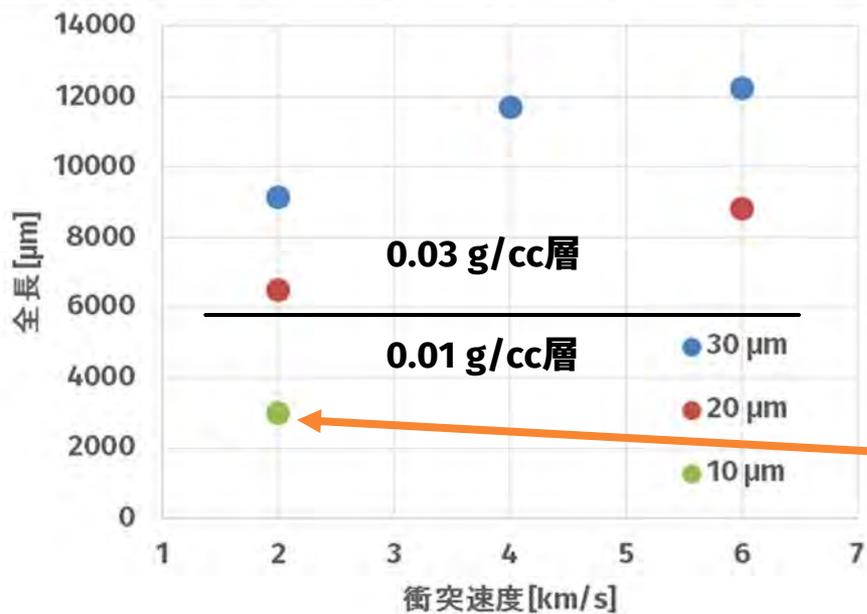
# 衝突痕パラメータ抽出 (30°入射)



× 貫入口径は、粒径の10倍？ 否？



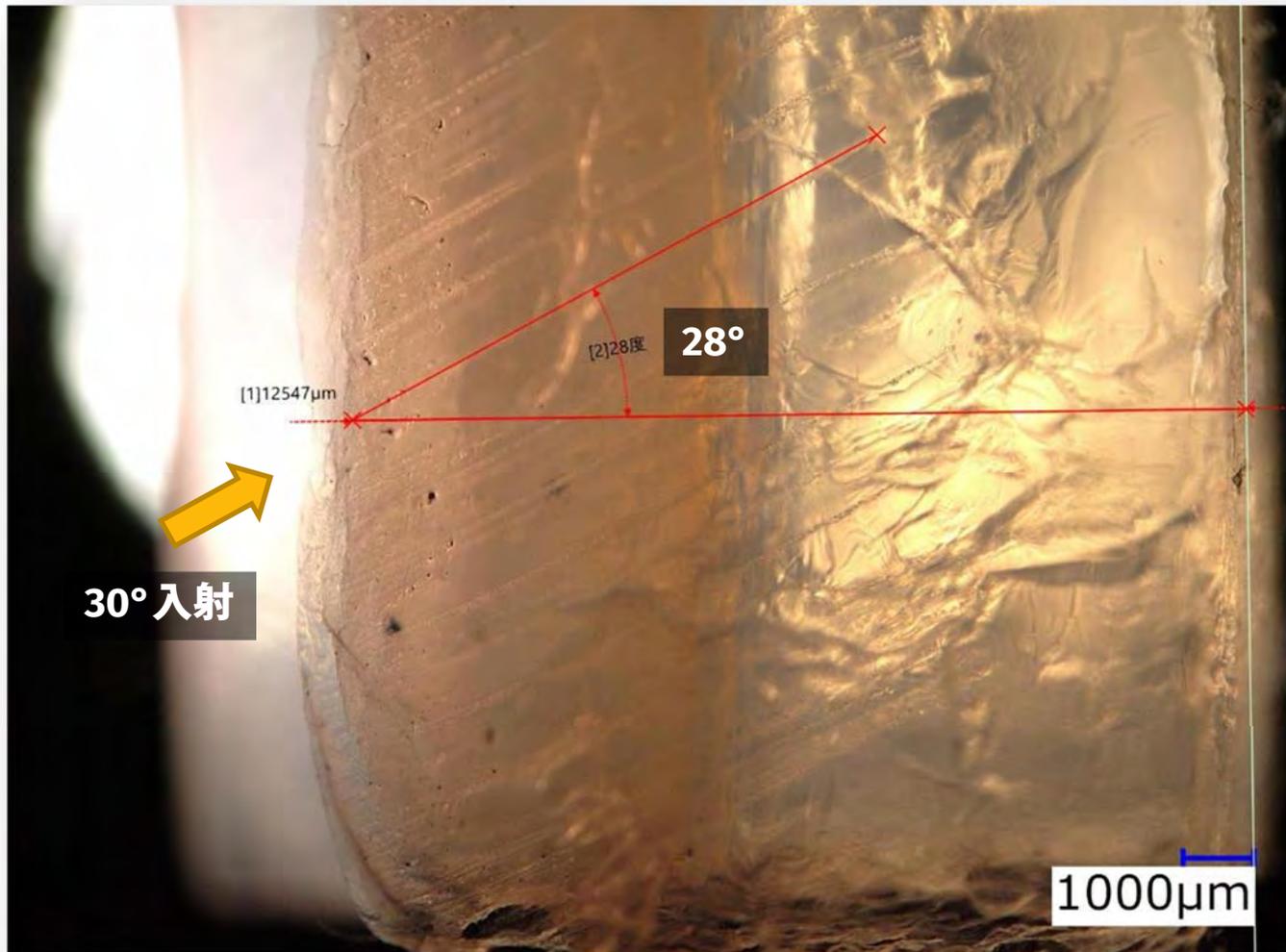
Preliminary



× 10  $\mu\text{m}$ 粒子は、0.01 g/cc層内で止まる！

# 衝突角度の推定

- × ガラスビーズの撃ち込み角度と，衝突トラックの伸長方向は良く一致  
→ 宇宙塵の到来方向がわかる



# “たんぽぽ”エアロゲルの性能

- × フライト前は  $30\ \mu\text{m}$  のガラスビーズを  $6\ \text{km/s}$  で捕獲できることを確認
- 本研究で、 $10\ \mu\text{m}$  のガラスビーズを  $2\ \text{km/s}$  で捕獲できることを確認

“たんぽぽ”ミッション  
のターゲットサイズ

H

$12.0\ \mu\text{m}$

# まとめ

- × “たんぽぽ”ミッションの非破壊宇宙塵捕集材である、**超低密度2層型シリカエアロゲルのフライトモデル同等品を増産し、衝突痕観察による衝突パラメータの推定（較正）実験を開始した**
- × 衝突トラックの形態は解析中であるが、**形態パラメータの衝突速度・粒径依存性が見えはじめている**  
仮に、非破壊の初期分析ののち、捕獲粒子の摘出分析により、粒径や材質が判明すれば、衝突速度を推定可能である
- × 衝突トラックの伸長方向から、**宇宙塵の到来方向を推定可能である**
- × 宇宙塵の到来方向、粒径、衝突速度を推定できれば、**地球低軌道における宇宙塵フラックスを観測できたことになる**
- × 衝突パラメータを変えた実験と解析を進める  
超低密度シリカエアロゲルの高透明度化を目指す
- × “たんぽぽ”フライトサンプルの初期分析結果との比較