

放射光イメージングを用いた地球惑星科学研究の最近の成果

土山 明(阪大理)・中村美千彦(東北大理)・中村智樹(九大理)・奥村 聡(東北大理)・中野 司(産総研)・上杉健太朗(JASRI)

RECENT RESULTS ON EARTH AND PLANETARY SCIENCES USING SR IMAGING

Akira TSUCHIYAMA (Grad. Sch. Sci., Osaka Univ.), Michihiko NAKAMURA (Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.), Tomoki NAKAMURA (Fac. Sci. Kyushu Univ.), Satoshi OKUMURA (Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.), Tsukasa NAKANO (AIST/GSJ), Kentaro UESUGI (JASRI/SPRing-8)

I. Stardust 計画における彗星塵の研究

はじめに

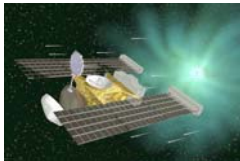
Stardust: NASAの無人宇宙探査機による彗星塵サンプルリターン計画

計画の目的:

- 太陽系の起源物質をさぐる
- 惑星間塵(IDP)は彗星起源か?
- 生命の起源物質は?(地球有機物の起源)



探査ターゲットの81P/Wild-2彗星



Stardust探査機による彗星塵採取の模式画像(NASA HP)

エアロジェル捕獲器によるサンプル採取

- シリカエアロジェル: 超低密度物質(5-30 g/cc)
- 彗星塵(~10μm)の超高速衝突(6.1 km/s)
- 多様な衝突トラックの形成(長さ: 0.1-30 mm)
- 彗星塵の分裂・トラックに沿って分布

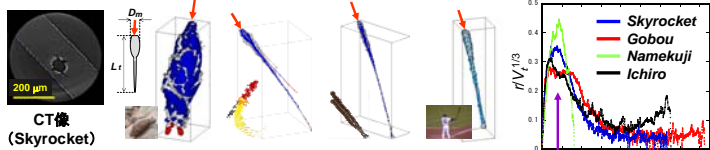
本研究の目的

- 初期分析(国際チーム): 放射光を用いた非破壊分析
- これにより、分裂した彗星塵の復元を試みる
- 衝突トラックの3D構造と元素分布
- トラックから取り出した粒子の鉱物組成・3D構造

衝突トラックの3D構造と元素分布

実験 SPring-8/BL47XU (CT/XRF)

- 投影型CT → トラックの3D構造(実効空間分解能: ~1 μm)
- XRF → 突入粒子の元素組成とその分布(Feなど12元素)



	Namekuji	Skyrocket	Gobou	Ichiro
L_t (μm)	113	2484	>884	614
D_m (μm)	26.9	141	30.4	29.6
V_t (μm ³)	3660	779000	>15700	10400
$m(Fe)_p$ (pg)	0.180	66.6	>>1.26	1.29
$m(Fe)_p/V_t$	4.9(-5)	8.5(-5)	>8.0(-5)	1.2(-4)

結果・議論

突入粒子の運動エネルギー: $E=1/2m_p v^2$

$v=const., m_p \propto m(Fe)_p, E \propto V_t \Rightarrow m(Fe)_p/V_t = const.$

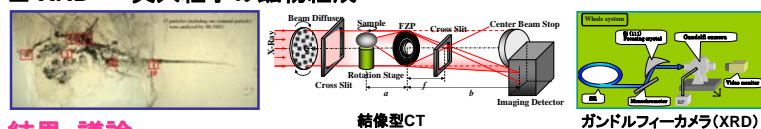
Namekuji: 相対的にFeが少ない → Fe-freeの高揮発性物質が多い?

- 脆弱な微細粒子集合体+高揮発性物質(有機物・水?) ⇒ パルプ
- 比較的硬い結晶質粒子 ⇒ 細長いトラック

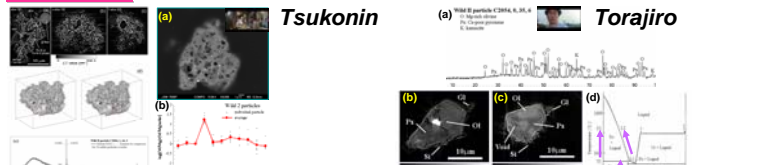
個々の粒子の鉱物組成と3D構造

実験 SPring-8/BL47XU(CT), BL37XU(XRD), KEK/3A(XRD)

- 結像型CT → 粒子の3D構造(実効空間分解能: ~0.数 μm)
- XRD → 突入粒子の鉱物組成



結果・議論



非晶質物質に富むタイプ(~90%)

- 多孔質
- 極少量の結晶(Fe-Ni, FeS, px)
- 脆弱な微細粒子集合体と融けたエアロジェルの混合物(~1:20)

結晶質タイプ(~10%)

- 溶融物からの結晶作用組織
- 結晶(ol, px, pl, Fe-Ni, FeS)
- 高温生成物(> ~1550°C) **コンドリュールの欠片?**

II. 珪長質マグマの脱ガス機構の研究

はじめに

マグマの脱ガスは火山噴火の爆発性を支配
変形を考慮しない実験では浅部(高発泡度)でのみ気泡が合体し脱ガスが開始
一方で、観測データなどは深部からの脱ガス開始を示唆

本研究の目的

流動するマグマの脱ガスを実験的に検討する

- マグマの剪断変形実験
- X線CTによる気泡組織の分析

X線CT

典型的なCT像



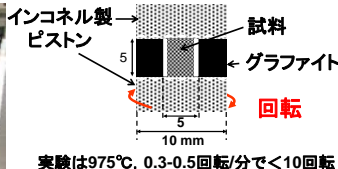
3次元気泡組織

- 3次元像から
- ✓ 気泡数
- ✓ 気泡体積(voxel数)
- ✓ 近似楕円体の3軸長さを測定

剪断変形実験

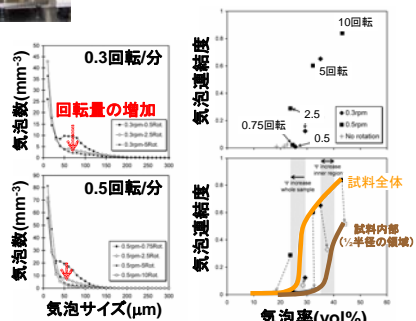


セル構成

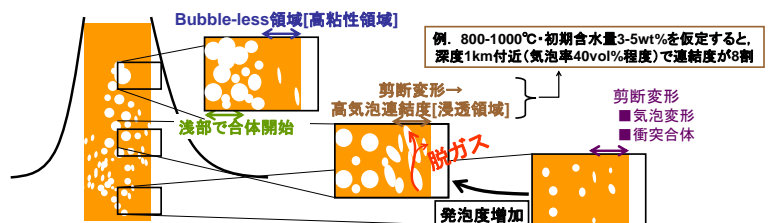


実験結果

- 回転量の増加に伴い
- 50-100 μm程度の気泡の数が減少
- 小さい気泡の数(<50μm)が増加
- 大きな体積を持つ気泡の形成
- 変形に伴い気泡合体の促進
- 回転量・発泡度の増加に伴い連結度が増加。
- 試料内部(歪・歪速度が小さい)では、試料全体に比べて連結度が低い。
- 連結度は剪断変形により大きくなる。



上昇するマグマ中での気泡組織進化



火道壁付近では、マグマの変形に伴い
深部から気泡合体が進行し、脱ガスが起こる可能性がある