

きぼう曝露部におけるたんぽぽ実験： 宇宙塵捕集パネルの開発

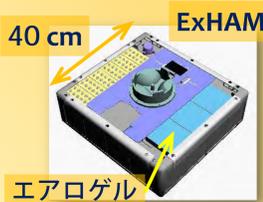
P2-197

2014年1月9-10日
於 宇宙科学研究所

田端 誠 (JAXA・千葉大学), 今井 栄一 (長岡技術科学大学), 矢野 創 (JAXA), 橋本 博文 (JAXA), 河合 秀幸 (千葉大学), 山岸 明彦 (東京薬科大学), たんぽぽワーキンググループ (JAXA)

研究背景

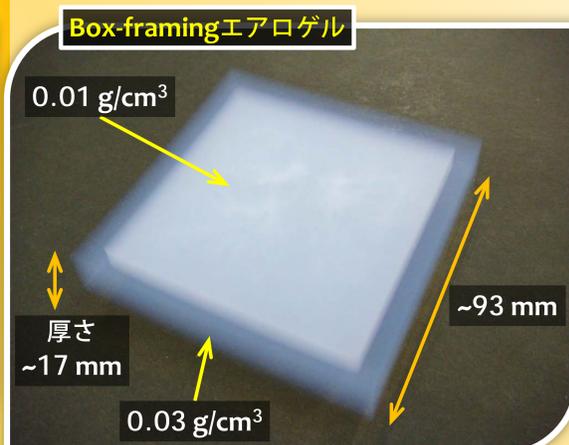
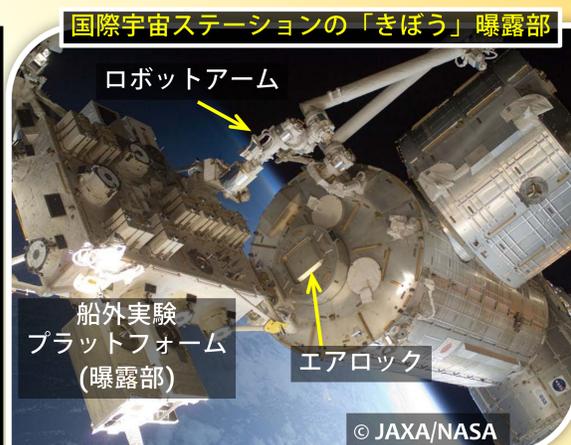
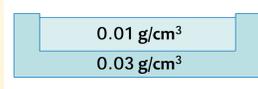
- 2015年に装置の打ち上げを目指す「たんぽぽ」実験では、国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」の船外実験プラットフォームにおいて、宇宙塵捕集パネル、および微生物・有機物曝露パネルを汎用宇宙曝露実験用ハンドレール取付機構 (ExHAM) を利用することで宇宙曝露する。その目的は、生命や生命前駆物質の地球-太陽系天体間の双方向伝播の可能性を検証することである (アストロバイオロジー)。
- 宇宙塵捕集パネルでは、地球低軌道 (高度~400 km) 上を超高速度 (~10 km/s) で飛行する微小 (~10 μm) な宇宙塵 (天然の惑星間塵と人工のスペースデブリ) を可能な限り非破壊で捕集し、地上の分析設備にサンプルリターンすべく、捕集材として極低密度のシリカエアロゲルを開発している。
- 微粒子に保護されて火山等のイベントで地表から低軌道に達する可能性がある微生物や、惑星間塵中の有機物の検出・分析を成功させるには、宇宙塵捕集材としてのエアロゲルの性能が鍵となる。「たんぽぽ」実験では、高性能エアロゲルの宇宙実証を第5サブテーマに掲げている。



シリカエアロゲル開発

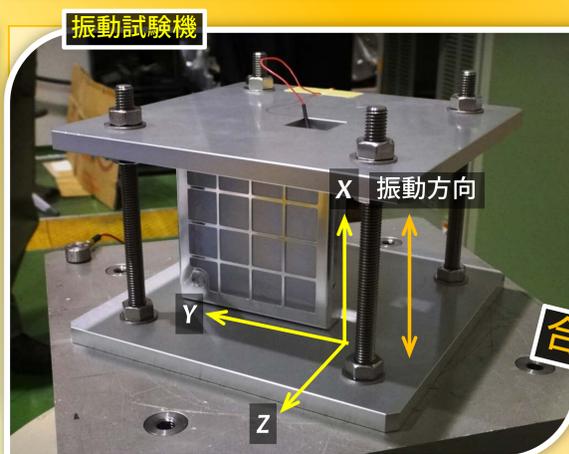
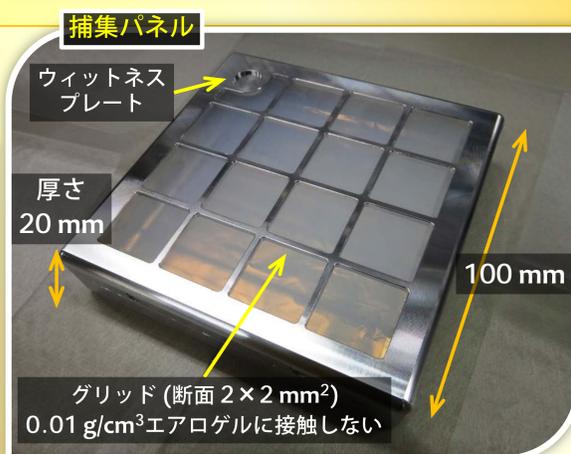
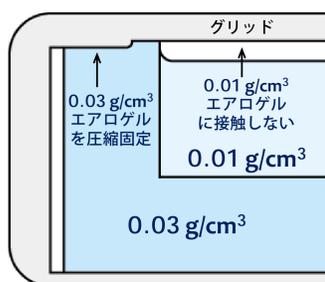
- シリカエアロゲルとは、二酸化ケイ素の前駆物質を溶媒中で加水分解・縮重合させて合成したウェットゲルを、超臨界抽出法等で乾燥することで得られる透明性と高空隙率を併せ持つ固体である。
- JAXAのMPAC実験やNASAのStardust探査機等で宇宙塵捕集材としての宇宙利用実績がある。
- 「たんぽぽ」実験では、運用中の吸湿による性能劣化を防ぐためエアロゲルに疎水化処理を施すとともに、生化学的に低汚染のエアロゲルを開発した。
- MPAC実験で利用されたエアロゲルの1/3の密度となる0.01 g/cm³のエアロゲルの開発に成功し、宇宙塵の非破壊捕集性能を向上させた。
- 0.01 g/cm³のエアロゲルは大変もろいため、強度の高い0.03 g/cm³のエアロゲルを箱型に成型 (Box-framing) し、その内側に0.01 g/cm³のエアロゲルを化学的に結合させて、二層一体成型する手法を確立した。
- 大量生産試験として60枚のエアロゲルを試作した。

Box-framing構造の断面図



捕集パネル設計

捕集パネルの端部の断面図



安全性試験

着地振動試験



- ExHAMに適合させるため、アルミニウムA7075製のエアロゲルホルダー (捕集パネル) を設計・試作した。ExHAMからの要求は、パネルの外寸が100×100×20 mm³である。
- ホルダーの強度を確保しつつ、エアロゲルの曝露面積と厚さを最大にすべく設計されている。エアロゲル格納スペースの内寸は94×94×17 mm³である。捕集パネル1枚あたりのエアロゲル曝露面積は56 cm²となる。
- ホルダーは本体と蓋から成り、蓋には断面が2×2 mm²のグリッドを設けた。これは万一エアロゲルが分解しても、ホルダーから離脱するのを防ぐためである。これにより、エアロゲルが破損しても科学目標を達成するとともに、エアロゲルを宇宙ステーション船内に飛散させることなく、クルーの安全性を確保する。
- 打ち上げや着陸の振動下でも、グリッドが密度0.01 g/cm³のエアロゲル表面に接触して破損しないようにエアロゲルとホルダーの双方を設計している。
- ExHAMの3つの面にそれぞれ4枚の捕集パネルが、1年ずつ計3回曝露される予定である。

- 試作した捕集パネルに対して、宇宙科学研究所・スペースプラズマ実験室の振動試験機を利用して、振動試験を実施した。ランダム振動条件は、HTV・Progress/Soyuz・Dragon宇宙船による打ち上げ、およびProgress/Soyuz宇宙船による着陸の認定試験 (QT) レベルを適用した。
- 振動試験後、エアロゲルの破損やホルダーからの逸脱は確認されず、合格と判定した。
- 振動試験を実施した捕集パネルに対し、エアロックで想定される減圧/復圧の試験、および曝露中に想定される温度サイクルの試験を認定試験レベルで実施した。
- 減圧/復圧試験・温度サイクル試験の結果、エアロゲルの密度0.01 g/cm³の部分に若干の収縮が見られたが、ホルダーからの逸脱は確認されず、安全性試験としては合格と判定した。
- 今後、収縮したエアロゲルの機能評価が必要である。
- 一連の試験の結果、軌道上運用から帰還までの安全性が確認された。

まとめ

- 「たんぽぽ」実験のために、シリカエアロゲルを用いた宇宙塵捕集パネルを開発している。
- Box-framing型のエアロゲルがデザインされ、汚染管理下で成功裏に大量生産試験が実施された。
- エアロゲルホルダーとしての捕集パネルを設計した。
- エアロゲルを格納した試作捕集パネルは、振動・減圧/復圧・温度サイクル試験に合格した。

参考文献

- A. Yamagishi et al., Trans. JSASS Space Tech. Japan 7 (2009) Tk_49.
- M. Tabata et al., Biol. Sci. Space 25 (2011) 7.
- M. Tabata et al., ISTS Web Paper Archives, 2013-k-65p.