



# たんぽぽ軌道上運用と初年度捕集試料の初期解析の現状

In-orbit Operation and Initial Sample Analysis and Curation Activities for the First Year Collection Samples of the Tanpopo Project



○矢野創(JAXA/ISAS), 佐々木聰(工科大), 今仁順也(農工大), 堀川大樹(慶応大), 新井和吉(法政大), 石橋之宏(九大), 今井栄一(長岡技大), 奥平恭子(会津大), 小澤宇志(JAXA), 尾田佳至朗(法政大), 河合秀幸(千葉大), 河口優子(東薬大), 黒須庸介(法政大), 突生川陽子, 小林憲正(横国大), 小船井啓介(工科大), 滝沢直美(JAXA), 田端誠(千葉大), 土山明(京都大), 富田勝(慶応大), 橋本博文(JAXA/ISAS), 東出真澄(JAXA), 藤島浩介(慶応大), 三田肇(福工大), 矢口勇一(会津大), 藪田ひかる(広島大), 横堀伸一(東薬大), 渡辺英幸(JAXA), 山岸明彦(東薬大), たんぽぽ初期分析チーム

(要旨) 有機物・微生物の宇宙曝露と宇宙塵の非破壊捕集から panspermia 仮説と化学進化仮説を検証する「たんぽぽ」プロジェクトが、「日本初のアストロバイオロジー宇宙実験」として、2015年5月より国際宇宙ステーションきぼう曝露部上のExHAM装置に搭載され、運用中である。有機物含有宇宙塵、スペースデブリ、地球起源エアロノールなどの衝突捕集を行うための極低密度素材エアロゲルを宇宙空間に曝露した捕集パネルは、2016年8月より4年間、毎年地球へ回収される。初年度試料は2016年9月にISAS-LABAM実験室へ回収され、約100日間の初期分析・キュレーション作業を実施した。100ミクロン以上の衝突痕が50個以上同定され、詳細分析用に配分されている。本発表ではそれらを概説する。

### ExHAMとたんぽぽ実験装置の概要

有機物・微生物の宇宙曝露と宇宙塵の非破壊捕集から panspermia 仮説と化学進化仮説を検証する「たんぽぽ」プロジェクトは、「日本初のアストロバイオロジー宇宙実験」として、2007年にJAXA有人部門によって選定され、2015年より国際宇宙ステーションきぼう曝露部上のExHAM1, 2号機に搭載されている。

**ExHAM(簡易曝露実験装置)**      **たんぽぽ実験装置**

Double Capture Panel x2 (Space Loading, North Face)      Single Capture Panel x2 (Space Loading, North Face)

Exposure Panel x2 (Space Face)      Exposure Panel with Thermometer x1 (Space Face)

捕集パネル(0.01g/cc二層式エアロゲル+CNT)      曝露パネル+機械式温度計

Dimension and Design of Capture Panel (mm)

Dimension and Structure of Exposure Panel

### 打上げ・軌道上運用・地球帰還

打上げ & 第一期曝露実験 (ExHAM1号機)

Launch at Cape Canaveral by Space-X Falcon 9 on April 12, 2015.      Dragon CRS-6 Arrival by the ISS on April 26, 2015.

Installation of the Tanpopo ExHAM-1 to the ExHAM-1 inside the Kibo on May 14, 2015.      Support for the ExHAM-1 Flight Operation on May 26, 2015.

Deployment of the Airlock Table to the Kibo on May 26, 2015.      Transfer of the ExHAM-1 in the Attachment Position of Kibo-UF.

Attitude Location of the ExHAM-1 above the Attachment Position.      ExHAM-1 Attachment to the Kibo Main Airlock Bay on May 26, 2015.

第二期曝露実験 (ExHAM2号機)

ExHAM2号機の宇宙空間にたんぽぽ捕集パネルを装着するきぼうエアロノールから宇宙空間へ送出す。油井亀美也飛行士

2014年10月29日のシグナス3号機帰還に端を発し、たんぽぽサンプルの曝露時期が、以下のように複数回に変更された。

第一期: ExHAM1号機に大半を搭載。ただし捕集パネル(CP)は宇宙3ユニット、進行方向1ユニットを後に譲る。2015年5月26日より実験開始。2016年8月27日にSpX-9号機で回収。

第二期: ExHAM2号機に宇宙面のCP3ユニットを、2015年10月30日に搭載。2015年11月11日より実験開始。回収は2017年2月を想定。

第三期: ExHAM1号機に2016年6月23日にすべての二年目サンプルを搭載・曝露開始。回収は2017年夏を想定。

第四期: ExHAM1号機に2017年夏にすべての三年目サンプルを搭載・曝露予定。回収は2018年夏を想定。

第五期: ExHAM1号機に2018年夏に進行方向面CP1ユニットのみ搭載・曝露予定。回収は2019年夏を想定。

機械式温度計による曝露パネル温度測定実績

2016年6月17日にExHAM1号機の初年度試料をきぼうと圧部内に回収した。ジェフ・ウィリアムズ飛行士

1年間の曝露後に与圧部内へ回収された初年度試料      太平洋上で回収された地球帰還カプセル

全画像 (c) JAXA, NASA, Space-X

### 捕集パネルの初期分析・キュレーション (2016.09-12)

・2013年に初期分析チームを編成し、LABAM実験室に専用クリーンルームを整備。  
 ・エアロゲルは1年間の曝露で若干着色し、減圧・復圧による膨張・収縮を経たが試料採取性能に影響はない。  
 ・自作した無人CR内初期分析システム(CLOXS)と1年間にわたるリハーサルを実践した初期分析チームの作業により、試料引渡後約100日間で、所定の初期分析・キュレーション作業をほぼ完了し、最初の詳細分析試料を配分できた。今後3年間、試料の地球帰還が毎年続くたんぽぽ実験の地上分析基盤と体制を確立できた。

ISAS-LABAM実験室内たんぽぽ初期分析施設とその微粒子汚染管理実績

CLOXS (Captured Particle Locating, Observation and Extraction System) + KOACHシステム

### 初年度第一回初期分析の成果、詳細分析の事例

Turandotシミュレーションによる曝露方向別の宇宙塵 &スペースデブリ衝突数の推定

曝露方向による、衝突微粒子の速いと詳細分析用試料の優先配分の方針

＜エアロノール＞  
 東航(進行方向)  
 微生物サブチーム、デブリサブチーム  
 宇宙塵  
 宇宙塵サブチーム  
 北航(反方向)  
 各チーム相談  
 捕集パネルメッシュ面

＜デブリサブチーム＞  
 Micrometeoroids: S74  
 Terrestrial Aerosols potentially containing microbial colonies: S71

ISS Orbit  
 Earth  
 Orbital Debris: S76

＜エアロゲル、アルミ構体双方の超高速衝突痕判定数＞(暫定)

Particle Diameter	DAM (EGL, LLI) (約 100 cm <sup>2</sup> /yr)	NorthEM (NML, NNL, NPL, NQI) (約 240 cm <sup>2</sup> /yr)	南緯 (約 60 cm <sup>2</sup> /yr)
> 100 micron	0.3	0.2	0.5
> 10 micron	18.3	10.0	3.2
> 1 micron	92	60	14
CLOXS "T" Total (≧100 micron surface feature size)	20	40	7
Chofu XCT Total (≧130 micron bore)	12	7	3
Chofu AI Frame Counter Total (≧20 micron dia.)	6	2+TBD(N1, P1)	0

CLOXSエアロゲル = 67個  
 アルミ構体 = 8個  
 (cf. Turandot@10 micron = 31.5個)

→ 2016年末までに優先順位第一位の試料6個の抽出完了。2017年1月より詳細分析サブチームへ配分。

CLOXSの機能: (1) 自動撮像・統合地図作成、衝突痕候補座標記録      (2) 立体情報取得

捕集パネルアルミ構体表面クレーター検出、カーボンナノチューブ・ウィットネスプレート上汚染粒子捕集

人參トラック型      等方バースト型

カーボンナノチューブ・ウィットネスプレート分析例:  
 SEM-BSE, EDAX  
 (超高速・中速・低速) 低速度撮影、光学顕微鏡、アルミ薄片、繊維等  
 → エアロゲル上の「F」判定物質と整合

(3) 超高速衝突痕判定、掘削、抽出、側面撮像、梱包

詳細分析の事例(1) 微生物サブチーム      詳細分析の事例(2) 宇宙塵サブチーム

Green fluorescence      Red fluorescence      Blue fluorescence

Captured microbe colony embedded in clay minerals, which were shot into the Tanpopo aerogel at 6km/s. Bleaching of green fluorescence from stained *D. radiodurans* R1 is faster than fluorescence from the glass. (Kawaguchi et al., 2014)

Machian terminal particle (150 x 150 nm) extracted from the aerogel and preserved between two Al foils. (Yoshida et al.)

Scale bar: 20 μm

CH<sub>4</sub> (2960 cm<sup>-1</sup>)      CH<sub>4</sub> (2920 cm<sup>-1</sup>)  
 SO<sub>2</sub> (1100 cm<sup>-1</sup>)      OI (5600 cm<sup>-1</sup>)