

# アストロバイオロジー研究

## ◆ 生命の材料・宇宙塵をつかまえ、微生物を宇宙環境にさらす

20年ほど前から世界中の学术界と宇宙機関を巻き込んで誕生した、新しい宇宙の見方「アストロバイオロジー」。生物学(バイオロジー)を、物理・化学・地学と同様、宇宙(アストロ)のどこでも通用する普遍的な知識体系へ飛躍させることを目指しています。日本でも昨年、初めての宇宙実験が開始されました。それが「たんぽぽ」実験(図1)です。その科学目標は、生命の材料である宇宙塵の地球への到達と、地球起源の微生物が宇宙環境で生き残れるかを探ることです。

まず、2015年4月に三年分の試料をロケットで国際宇宙ステーション「きぼう」へ届けました。同年5月にはきぼう曝露部上の「簡易曝露実験装置(ExHAM)1号機(図2)、11月には同2号機(図3)に、地上運用室と軌道上の宇宙飛行士が協力して専用試料を取り付け、実験を始めました。

その後、微生物試料の温度を機械式温度計で測る運用を続けながら、2016年6月には、一年あまり宇宙にさらしたExHAM1号機の初年度試料を無事、きぼう与圧部へ回収しました。今秋には無人カプセルで地球にサンプルリターンされ、ISASの専用クリーンルームへ戻る予定です。その後も定期的に試料の交換を続け、2019年まで毎年、宇宙から回収されたたんぽぽ試料が全国の大学や研究所へもたらされる予定です。

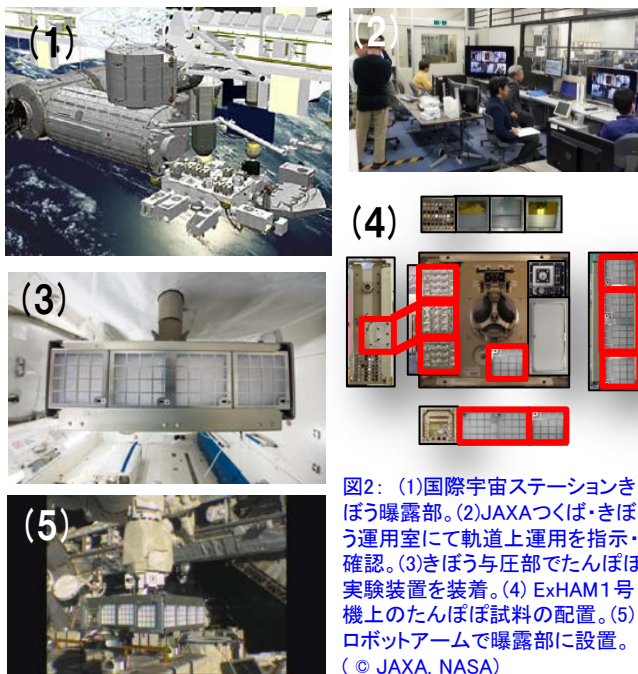
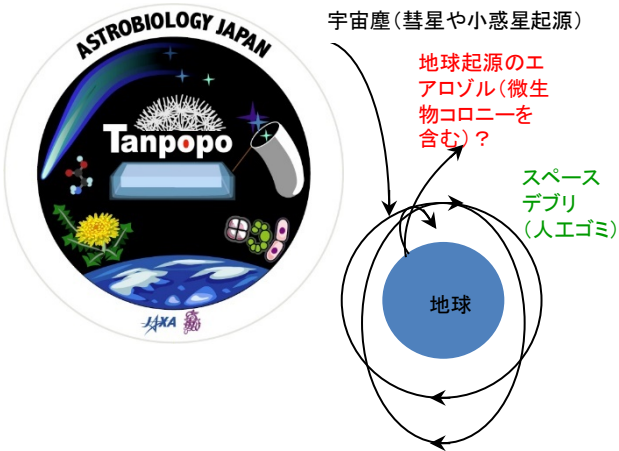


図2: (1)国際宇宙ステーションきぼう曝露部。(2)JAXAつくば・きぼう運用室にて軌道上運用を指示・確認。(3)きぼう与圧部でたんぽぽ実験装置を装着。(4)ExHAM1号機上のたんぽぽ試料の配置。(5)ロボットアームで曝露部に設置。(© JAXA, NASA)



**パンヘルミア:**  
生命の惑星間移動仮説  
1. 圏外で微生物採集  
2. 微生物の圏外生存実験

火星  
火星隕石  
火山噴霧  
小天体衝突

彗星、C.P.D型小惑星

化学進化から生命へ:  
生命の起源以前の宇宙由来有機物の地球到達の可能性  
3. 有機物の変成  
4. 有機物含有宇宙塵の採集

**地球生命圏**

ISSきぼう曝露部 [宇宙環境]  
圏外線、宇宙線、高真空、微小重力等

小天体衝突  
流星群

宇宙開発利用の発展につながる、先端的技術開発:  
5. 高性能エアロゲル実証  
6. 微小デブリプラックス評価

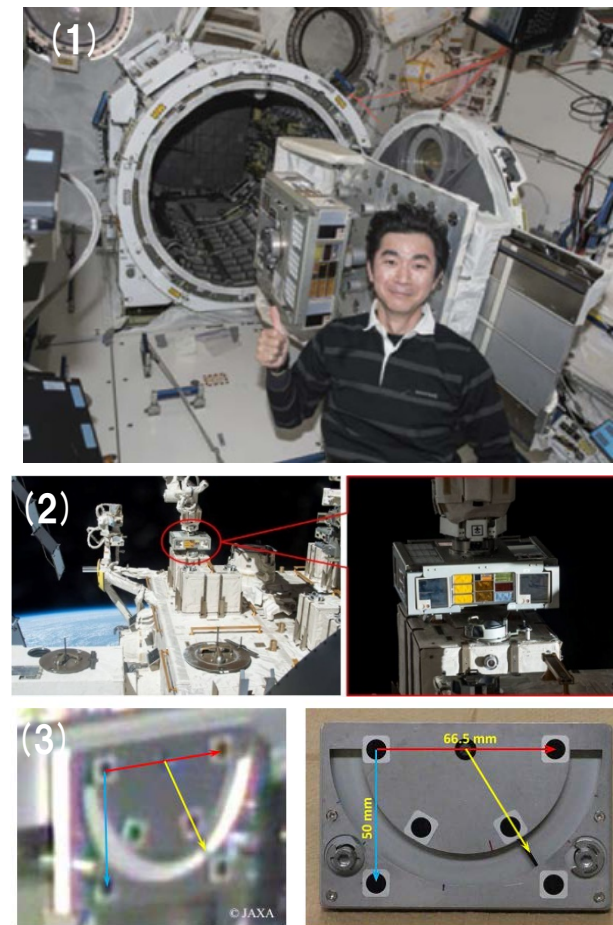


図3: (1)油井亀也也飛行士によるExHAM2号機へのたんぽぽ試料の取り付け。(2)地上局から操作したロボットアームによるExHAM2号機のきぼう曝露部への設置。(3)機械式温度計の画像読み取りによる微生物試料が到達する温度の測定。(© JAXA, Hashimoto et al., 2016.)

# アストロバイオロジー研究

## ◆回収試料の初期分析と汚染管理

たんぼぼ試料は、密閉された地球微生物・人工有機物の「曝露パネル」と、水の1%の密度しかない固体「シリカエアロゲル」によって超高速でぶつかる微粒子をつかまえる「捕集パネル」からなります。

エアロゲル内部に閉じ込められた1/100ミリ程度の微粒子を、汚したりなくしたりせずに、速やかに詳細な分析に回すため、宇宙実験装置の開発と並行して、地上クリーンルーム内で初期分析とデータ記録、汚染管理を行う装置「CLOXS」も開発しました(図4)。CLOXSは衝突痕の地図作り、光学観察、三次元情報取得、試料掘削までを、統一的に遠隔操作で実現します(図5)。



図4: 捕獲微粒子位置同定・観察・抽出システム(CLOXS)を設置した、LABAMたんぼぼクリーンルームの内側と外側の様子。

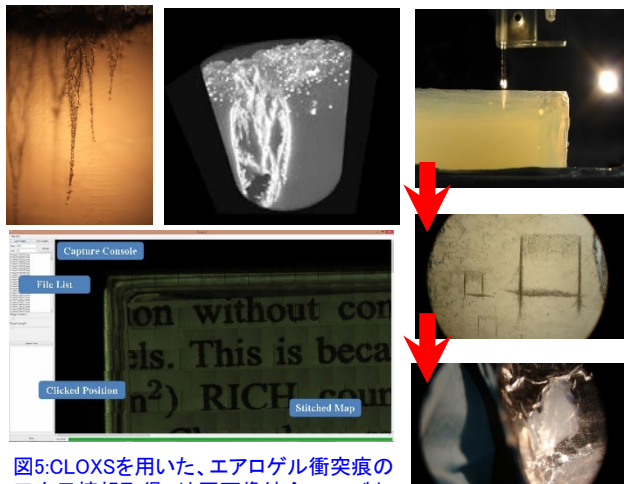


図5:CLOXSを用いた、エアロゲル衝突痕の三次元情報取得、地図画像統合、CAD制御によるエアロゲルの自動掘削の様子。

## ◆「海世界」探査にむけた基礎研究

NASAは2015年に火星探査に続く旗艦ミッションとして、木星衛星エウロパ探査機を投入、予算化しました。2016年には土星衛星エンケラドスとタイタンを競争公募探査の候補に追加。2018年に初飛行を控えた超大型ロケット「SLS」を使った「海世界(オーシャンワールド)」探査構想を打ち出し、太陽系探査の新潮流を決定づけました。

こうした動きを予見し、2011年より独自の研究を開始してきたLABAMメンバーは現在、海世界探査の基盤となる基礎研究と機器開発を行っています。

一つは、エンケラドスの内部海から放出する海氷や海底地殻物質の「その場質量分析」や「サンプルリターン」を可能にする機器技術と惑星保護の研究です。今は微生物DNA、ペプチド、模擬エンケラドス海水化合物のフライバイ採取を試みています。二つ目は、太古の地球海洋に生命材料を含む宇宙物質が衝突した際に海中で進む化学進化を、衝突実験を通じて再現中です(図6)。

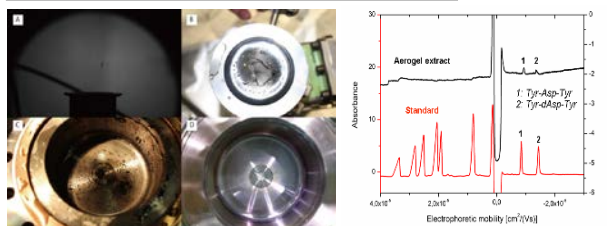


図6: ISAS超高速衝突実験設備を使った「海世界」探査の基礎研究例。(左:協力JAMSTEC西澤学)模擬地球海洋に超高速衝突する物質の破壊・拡散・化学反応を調べる実験。(右:協力NASA/ARC藤島皓介)たんぼぼエアロゲルでエンケラドスブリューム微粒子をフライバイ採取しても、ある種のペプチドは生き残って検出される。

## ◆関係者から一言



JAXA/ISAS学際科学研究系・宇宙生物・物質科学実験室(LABAM)の2016年度スタッフです。

日本の宇宙科学における「アストロバイオロジー」研究を、宇宙実験・探査を通じて推進するため、2012年から宇宙工学・太陽系科学・極限環境微生物学など、専門分野を越えて集まっています。日本アストロバイオロジーネットワークが策定したロードマップの実現に、宇宙科学の全国大学共同利用システムという立場から貢献しています。具体的には、今回ご紹介したたんぼぼ、海世界探査に加えて火星生命探索、宇宙農業などの基礎研究、機器開発、惑星保護対策なども行っています。

皆様のご指導と応援をよろしくお願いいたします。

## ◆もっと詳しく知りたい人のために

LABAM: ISAS学際科学研究系

宇宙生物・物質科学実験室ホームページ

<http://www.isas.jaxa.jp/home/labam/home.html>