

## 国際宇宙ステーション曝露部実験「有機物・微生物の宇宙曝露と 宇宙塵・微生物の捕集：たんぽぽ」の準備状況

山岸 明彦(東葉大), 橋本 博文(JAXA), 矢野 創(JAXA), 今井 栄一(長岡技大), 河口 優子(JAXA), 田端 誠(千葉大), 横堀 伸一(東葉大), 三田 肇(福岡工大), 藪田 ひかる(大阪大), 小林 憲正(横国大), 東出 真澄(JAXA), 河合 秀幸(千葉大)

### Tanpopo: Astrobiology exposure and micrometeoroid capture experiments: Proposed experiments at the exposure facility of ISS JEM

Akihiko Yamagishi\*, Hirofumi Hashimoto, Hajime Yano, Eiichi Imai, Yuko Kawaguchi, Makoto Tabata, Shin-ichi Yokobori, Hajime Mita, Hikaru Yabuta, Kensei Kobayashi, Masumi Higashide, Hideyuki Kawai,

\* Tokyo University of Pharmacy and Life Science, Horinouchi, Hachioji, 192-0392 Tokyo, Japan  
E-Mail: yamagish@toyaku.ac.jp

**Abstract:** Tanpopo, a dandelion in Japanese, is a plant species whose seeds with floss are spread by wind. We propose this mission to examine possible interplanetary migration of microbes, and organic compounds at the Exposure Facility of Japan Experimental Module (JEM: KIBO) of the International Space Station (ISS. Ref. 1). The Tanpopo mission consists of six subthemes: Capture of microbes in space (Subtheme 1), exposure of microbes in space (Subtheme 2), analysis of organic compounds in interplanetary dust (Subtheme 3), exposure of organic compounds in space (Subtheme 4), measurement of space debris at the ISS orbit (Subtheme 5), and evaluation of ultra low-density aerogel developed for the Tanpopo mission (Subtheme 6). Exposure Panels for exposure of microbes and organic materials and Capture Panels for aerogel will be launched. The Panels will be placed on the Exposed Experiment Handrail Attachment Mechanism (ExHAM) in the ISS. The ExHAM with Panels will be placed on the Exposure Facility of KIBO (JEM) with the Japanese robotic arms through the airlock of KIBO. The trays and panels will be exposed for more than one year and will be retrieved and returned to the ground for the analyses.

**Key words;** Space experiment, International space station, ...

#### 1. 微生物の宇宙空間での移動の可能性

生命は地球上で誕生したのではなくどこか他の星からやってきたのではないかという説は今から 100 年以上も前に提案された。この説はパンスペルミア仮説とよばれている(2)。最近になって、この可能性を実験的に確かめようと言う試みが始まっている。ドイツやヨーロッパの研究者達は、枯草菌の孢子など真空や放射線に強い生物を宇宙空間に曝露して、これらの生物が宇宙空間中で生存できるかどうかを確かめる実験を実施している。彼らの実験結果から、枯草菌の孢子は紫外線から遮蔽されるならば数年間宇宙空間で生存可能であるという結果が得られている。

#### 2. 宇宙空間での微生物採集可能性の検討

我々は、微生物の宇宙空間移動の可能性があるのであれば、微生物が地球から脱出する方法が有るはずで、それを検証できないかと考えている。微生物が大気圏上空まで到達出来るかどうかの研究はこれまでも行われてきた。大気圏での微生物採集は 1936 年までさかのぼることができる。それ以来、航空機や大気球、小型ロケットを用いた実験が行われてきた。しかし、その実験機会が

極めて限られているためにそこから得られた情報は極めて限定的である。それでも、数十 km までの高度から *Bacillus*, *Aspergillus* などの孢子形成微生物等が単離されてきている。我々も、航空機を用いて 10-12km の高度から *Deinococcus* の新種を単離した。また、大気球を用いて 12-35km の高度から *Bacillus* 属の菌を単離した。

これをさらに発展させ国際宇宙ステーション上での微生物採集をしようというのが、提案中の実験の1番目のテーマである。国際宇宙ステーションは 400km の高度で地球を周回している。その高度まで微生物が存在するならば、地球から飛び出すのも確率の問題となる。この実験により、パンスペルミア仮説の逆の可能性、つまり地球から宇宙へ微生物が飛び出す可能性を検証できるのではないかと考えている。

さて、さらに高い高度で微生物の存在を確かめようとする時、幾つかの問題がある。その第一は国際宇宙ステーションの周回する高度 400km は真空で、これまで航空機や大気球で行ったように、真空ポンプで微生物を捕集することはできない点である。また、微生物が存在するならば、微生物は周回軌道速度 8km/s で移動していなければいけない。これだけの速度を持っていない場合には、

微生物は重力によって地球に落下してしまうからである。そこで、これまで宇宙空間で微粒子の捕集に用いられてきたエアロゲルの利用を検討することにした。

エアロゲルはシリカゲルと同様に珪酸でできているが、非常に密度が低い。真空中でも安定で温度変化や放射線に対しても強い。そこで、これまでも宇宙空間で微粒子の捕集に用いられてきた。本研究では微生物や宇宙塵中の有機物を捕集するために特に密度の低いエアロゲルを開発して使用する。

さて、次の問題点はエアロゲルを用いたとしても高速で衝突する微生物や宇宙塵中の有機物が分解蒸発しないで残るかどうかという点である。そこで、2段式軽ガス銃を用いて実験を行った。二段式軽ガス銃は、火薬を用いてヘリウムを圧縮し、そのガス圧でサンプルを加速する装置である。微生物と粘土鉱物の混合粒子を4km/sまで加速してエアロゲルに衝突させた。衝突痕の末端を顕微鏡観察したところ、予め染色した微生物DNAの蛍光が観察された。DNAは粒子中に残存していると推定できた。

さてそれでは、微生物は十分な密度で高度400kmに存在しているであろうか。宇宙ステーションそのものが8km/sで移動している。10cm x 10cmの大きさのエアロゲルを一年間曝露すると非常に大きな体積の空間を掃き取ることになる。ISS高度で微生物密度の上限を決定するのが本実験の第一の研究課題である。

### 3. 微生物生存可能性の検討

前述の様に、ドイツやヨーロッパの研究者達は、枯草菌の孢子などを宇宙空間に曝露して、生存できるかどうかを確かめる実験を実施している。彼らの実験結果から、枯草菌の孢子は紫外線から遮蔽されるならば数年間宇宙空間で生存可能であるという結果が得られている。彼らは、岩石中で宇宙を移動するという意味でリソパンスペルミア仮説を提案している。

我々は、微生物が凝集体で存在しているのであれば、岩石中でなくても宇宙空間で長期間生存出来るのではないかと考えマサパンスペルミア仮説(マサは塊の意)を提案している。そこで、微生物を凝集体として宇宙空間に曝露し、生存を検討するのが第二番目の課題である。

### 4. 生命の起源以前の有機物合成

生命の起源の実験的研究は1953年のミラーの実験に始まったと言って良い。ミラーは、適当な組成の気体の中での放電によって、アミノ酸などの有機物が無生物的に作られることを示した。その後の多くの研究から、適当な条件さえあれば、放電だけでなく放射線、紫外線、熱等で有機物が合成可能であることがわかってきた。したがって生命の誕生以前に、地球上で無生物的に有機物が合成され地表に蓄積したであろうと考えられている。

しかし最近の研究から、宇宙空間で有機物が合成された可能性もあることがわかってきた。宇宙空間でできた有機物はまず地球形成時に岩石成分と共にやってきた。し

かし、これらの有機物は地球形成時の高温のためにおそらく分解してしまった。したがって、生命の起原に関与した有機物は、地表面が十分冷えたあと地球上に到達した有機物ということになる。地球に到達する隕石や宇宙塵は大きさが小さいほど量が多い。実際1mmに満たない大きさの宇宙塵は現在でも毎年数万トンになり、こうした小さい宇宙塵の99%は破壊されずに地表に到達する。このような宇宙塵に含まれる有機物が生命の誕生に寄与した可能性は極めて高い。

これまでも、南極の氷から宇宙塵をみつけて分析する試みが行われているが、これらの宇宙塵は既に地球由来の有機物に汚染されている。そこで宇宙塵を地球に到達する前に採集しようというのが宇宙実験の第3の課題である。

### 5. 宇宙空間での有機物曝露実験

さらに、宇宙塵中の有機物は地球に到達するまでに長期間旅することになる。その間に変性してしまうことは無いのであろうか？アミノ酸やその前駆体を宇宙空間曝露して、その安定性を評価するのが、第4の課題である。

### 6. 宇宙実験計画

以上の4つの課題に加えて、工学的な2つの課題を含め全部で6つの実験を行う予定である。それらは1)宇宙空間での微生物採集、2)宇宙空間での微生物の曝露、3)宇宙空間での宇宙塵捕集とその有機物分析、4)宇宙空間への有機物曝露、5)宇宙空間での人工微粒子(デブリとよばれる人工衛星の破片等)の観測、6)高性能エアロゲルの宇宙空間での実証、の6つである。

実験では、捕集パネルと曝露パネルの二種類の装置を用いる。捕集パネルは前面に網構造を持ち、微粒子捕集用のエアロゲルを収納する。曝露パネル内の試料基盤にあけた孔に微生物や有機物を固定する。これらの装置は、打ち上げ後ExHAMという汎用曝露装置に固定され、ISSのエアロックとロボットアームを用いて、曝露部に固定する。1年、2年、3年間放置した後に、装置を回収して地球上に持ち帰り分析を行う。

持ち帰ったエアロゲルは、先ず微粒子衝突痕(トラックとよばれる)の解析を行い、微粒子の軌道や大体の大きさ堅さ等を推定する。その後、鉱物や有機物の分析を行う。もし、微生物らしき粒子があれば蛍光染色によってDNAの有無を確認し、PCR解析によって微生物種の同定まで目指す。曝露パネルはそれぞれの担当者に受け渡し、微生物と有機物の解析を行う予定である。

### 参考文献

- 1) Yamagishi, A. et al. (2014) ISTS29 Special Issue Publication 2013-k-49
- 2) Yang, 横堀 (2013)「アストロバイオロジー」、山岸編集、化学同人、243-248