

## 宇宙での微生物曝露実験と将来の生命探査計画

東京薬科大学生命科学部 名誉教授 山岸明彦

### 【略歴】

1981年 東京大学理学系研究科博士課程修了 理学博士  
カリフォルニア大学バークレー校博士研究員  
カーネギー研究所博士研究員等をへて  
1987年 東京工業大学理学部生命理学科助手  
1995年 東京薬科大学生命科学部助教授  
2005年 東京薬科大学生命科学部教授  
2018年 退職 名誉教授

### 【宇宙での微生物曝露実験：たんぼぼ計画】

国際宇宙ステーションは地球 400km 上空を 1 周約 90 分で周回している。国際宇宙ステーションの日本実験棟には、曝露部とよばれる船外プラットフォームが設置されている。宇宙空間で微粒子を採集し、宇宙空間で微生物や有機物を曝露する実験「たんぼぼ実験」が国際宇宙ステーション曝露部で 2015 年 5 月から開始されている[1-4]。たんぼぼ実験では、二つの仮説の検証をおこなう。その一つは化学進化での有機物宇宙由来説。もう一つはパンスペルミア仮説である。

パンスペルミア仮説は今から 100 年以上前にアーレニウスによって提唱された[5]。宇宙には生命（微生物の孢子）が充満し、惑星間を移動しているという仮説である。ヨーロッパとロシアのグループはパンスペルミア仮説の検証実験を行い、細菌の孢子は宇宙空間で死滅してしまうが、岩石中で紫外線から保護されるならば、かなりの長期間生存できることを明らかにした[6]。

我々のグループはこれまで、航空機や大気球を用いて大気圏での微生物採集実験を行い、微生物の採集に成功した。単離した微生物の解析から、微生物が凝集体（バイオフィルム）を形成するなら、紫外線があたる条件でも長時間生存できることを明らかにした。凝集体で微生物が宇宙空間を移動できるのではないかと考え、マサパンスペルミアと名付けた[2, 4]。

もう一つは化学進化の検証である。生命の起原の前には、有機物が地球上に蓄積したはずである。1953 年 S. L. Miller は還元型大気中での放電によってアミノ酸を含む有機物が合成されることを報告した。その後多くの実験が行われ、大気が還元型であれば多量の有機物が合成されるが、酸化型大気中での有機物の合成は極めて限定的であることがわかってきた。また、初期地球大気も二酸化炭素や一酸化炭素を含む酸化的大気であると推定され、有機物合成には必ずしも適さない。

一方、銀河の分子雲中には多量の有機分子の存在が明らかとなった。隕石中には 70 種のアミノ酸を含む、多数の有機分子が検出されている。創成時の地球はマグマオーシャンとなり、有機分子は分解されてしまった可能性が高い。しかし、冷却後の地球にはまだ多くの隕石や微隕石が到達したはずであり、それらに含まれる有機物が生命の起原に貢献した可能性が高い。しかし、地球に到達する量もまた問題である。地球に到達する隕石量に比べて 1mm よりも小さい宇宙塵の量は遙かに大きい。現在も年間数万トンの宇宙塵が到達しており、40 億年前には更に大量の宇宙塵が地球に到達していたはずである。もし、宇宙塵に有機物が含まれるのであれば、生命の起原に貢献した可能性は高い。たんぼぼ計画では、国際宇宙ステーションで宇宙塵を捕集しその有機物分析を行う予定である。

たんぼぼ実験では 2 種類の実験装置を用いて実験を行っている。一つは微粒子を捕集するための捕集パネルである。捕集パネルにはエアロゲルという多孔質超軽量シリカゲルを収納してある。もう一つの実験装置は曝露パネルとよぶ装置である。曝露パネルには 20 個のユニットの中に微生物あるいは有機物を収納して宇宙空間で曝露する。

2015 年 4 月にたんぼぼ装置をアメリカの SpaceX 社のロケットで打ち上げた。曝露パネルと捕集パネルを ExHAM という汎用曝露装置に取り付け、2015 年 5 月に ISS 曝露部に設置した。2016 年 6 月に曝露部

から ExHAM を取りこみ、8 月に地上帰還、9 月にたんぽぽチームに引き渡された。2017 年 10 月には 2 年間曝露した試料が帰還した。

微粒子捕集にはエアロゲルという多孔質超軽量シリカゲルを用いる。エアロゲルを前面窓空きのアルミのケースに収納して宇宙空間に曝露して微粒子の捕集を行った。1 年間宇宙空間に曝露して、微粒子の捕集を行ったのち地球に帰還したエアロゲルを顕微鏡で観察して、100 個以上の超高速衝突痕 (0.1mm 以上の大きさのもの) を発見した。現在、衝突痕を研究者に分配してその解析を進めている。いくつかの衝突痕は放射光 X 線 CT によって衝突痕と微粒子の微細構造分析を行う。いくつかの衝突痕はアミノ酸分析を行う。いくつかの衝突痕は顕微赤外分光および、顕微ラマンによって有機物を分析する。いくつかの衝突痕は蛍光色素で染色して、微生物の存在を調べることに用いる [3]。

もう一つの実験装置は曝露パネルとよぶ装置である。曝露パネルはさらに 20 個の曝露ユニットから構成されており、それぞれのユニットには微生物か有機物が固定されていて、宇宙空間への曝露を行う。微生物凝集体を宇宙空間に紫外線のあたる条件で 1 年間曝露した。曝露後の微生物の生存を培養によって確認したところ生存していることが明らかとなった。また、1 年間曝露した有機物も残存している結果が得られた。

2007 年に採択されたたんぽぽ実験は現在、1 年間曝露した資料の解析はほぼ終了し、2 年間曝露した試料の分析が進行している。実験の実施の概略と、宇宙から帰還した実験標品に関して、これまで得られている結果の報告を行う。今後、3 年間曝露した試料が今年秋に帰還する予定である。これらの結果から、曝露試料の時間経過がわかるとともに、さらに多数の捕集粒子が得られる予定である。

### 【火星での生命探査計画】

さてもっと遠く、火星には生命はいないであろうか。火星ではアメリカ航空宇宙局 (NASA) を中心に多くの探査が行われた。その結果、火星の初期には海と大気があり、火山活動も盛んで初期地球と似ていたことが明らかとなった。また、現在の火星にも微生物の生存可能な条件があることが明らかとなってきた。そこで、JAXA 宇宙科学研究所の WG として火星で生命探査を行うための顕微鏡開発が進んでいる [7]。その計画を紹介する。

### 参考文献

- 1) Yamagishi, A. et al.: Tanpopo: Astrobiology exposure and micrometeoroid capture experiments — Proposed experiments at the Exposure Facility of ISS-JEM. *ISTS29 Special Issue Publication* 2013-k-49, (2014)
- 2) Kawaguchi Y, et al.: Investigation of the interplanetary transfer of microbes in the Tanpopo mission at the Exposed Facility of the International Space Station. *Astrobiology*, **16**, 1-14 (2016)
- 3) Kawaguchi Y, et. al.: Fluorescence imaging of microbe- containing particles that had been shot from a two-stage light-gas gun into an ultra-low density silica aerogel. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, **44**, 43-60 (2014)
- 4) Kawaguchi Y, et. al.: The possible interplanetary transfer of microbes: Assessing the viability of *Deinococcus* spp. under the ISS environmental conditions for performing exposure experiment of microbes in the Tanpopo mission. *Origins of Life and Evolution of Biospheres* **43**, 411-428 (2013.)
- 5) Arrhenius, S. A.: *Worlds in the making: The evolution of th Universe*, Harper and Brothers, New York, 1908
- 6) Horneck, G., Klaus, D. M. and Mancinelli, R. L.: Space microbiology. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, **74**, 121-156 (2010)
- 7) Yamagishi, A. et al.: LDM (Life Detection Microscope): In situ imaging of living cells on surface of Mars. *Trans JSASS Aerospace Tech Japan* **16**,299-305 (2018)