

培養機能付き微生物曝露装置の開発

橋本博文（宇宙航空研究開発機構），横堀伸一（東京薬科大学）

Development of Microbial Exposure Device with Culture Function

Hirofumi Hashimoto*, Shin-ichi Yokobori

*ISAS/JAXA, Sagami-hara, Kanagawa 252-5210

E-Mail: hashimoto.hirofumi@jaxa.jp

Abstract: In the Artemis program, unlike the Tanpopo mission, in which samples exposed at the International Space Station were collected and analyzed on the ground, the opportunities to collect the samples are limited, and it will be difficult to perform analysis on the ground. Therefore, by developing an exposure device with a culture function, we considered that the analysis could be performed as it is at the installation site, and considered the outline of the microorganism exposure device with a culture function.

Key words: Tanpopo mission, Artemis program, Microorganism exposure, Culture function

1. はじめに

「たんぼぼ」¹⁻⁵⁾ は、国際宇宙ステーション ISS の日本実験棟「きぼう」の船外実験プラットフォームで実施された「有機物・微生物の宇宙曝露と宇宙塵・微生物の捕集」に関するアストロバイオロジー実験である。特に曝露実験では、一部の微生物が 3 年以上、宇宙環境曝露に耐えて生き残ることが示された。しかし、ISS 軌道は高度 400km の地球周回軌道であり、バンアレン帯に守られた空間である。「たんぼぼ」の真の目的であるパンスペルミア仮説の検証を行うためには、バンアレン帯の外側でエネルギースペクトルの広い放射線に曝す必要がある。

一方、現在進行中であるアルテミス計画では、地球周回軌道を越えて人類が月・火星に進出する。ここで生命曝露実験を行うことができれば、パンスペルミア仮説の検証に近づくことができる。ただし、ISS で曝露した試料を地上に回収して解析した「たんぼぼ」とは異なり、試料を回収する機会は限られ、地上で解析を行うことは困難であろう。そこで、培養機能を備えた曝露装置を開発することにより、設置現場でそのまま解析を行うことを提案し、培養機能付き微生物曝露装置の概要を考えた。

2. 培養機能付き微生物曝露装置

「たんぼぼ」で用いた曝露パネルは、試料を曝す機能しかなく、可動部分もなく単純な構造であった。これに対して、培養機能を備えるためには培養に必要な空気と培養液を手順に沿って供給できるような仕組みが必要である。

図 1 に装置の概念図を示す。大きさは運搬の汎用性を考え、一辺が 10cm の立方体ユニットをイメージしている。上部が曝露面になるとして、装置の内部に培養室があり、培養室の外に圧縮空気を入れたボンベと液体培地を入れたポンペを装備する。培養室には二つの開閉蓋がヒンジによる固定され、それぞ

れが曝露面を塞ぐように開閉する。あらかじめ左（青色）の開閉蓋を閉じた状態で任意の設置場所まで運ぶ。このとき、装置内部は運搬の環境に合わせて徐々に脱気して真空になる。装置を設置後、青色の開閉蓋を開け、右（赤色）の開閉蓋を閉じる。この開閉蓋はメンブレンになっていて曝露試料である菌体が植え付けられている。任意の期間、この状態で宇宙環境に菌体を曝露したのち、右の開閉蓋を開け、再び左の開閉蓋を閉じて気密され、培養モードに入る。

図 2 に培養モードを示す。まず、培養室全体をヒーターにより使って適温にする。次に、培養室内部に圧縮空気ボンベからの空気を導入することで、培養に適した圧力で空気を満たす。その後、液体培地をメンブレンの右側の空間を満たすように流し込む。液体培地が入っているボンベはフレキ管になっており、駆動装置によりフレキ管を押して容積を小さくすることにより、液体培地を押し出す。メンブレンは、空気は通すが、液体培地は通さないので、培養室のメンブレン右側（黄色）は液体培地のみ、メンブレン左側（薄い青色）は空気のみをそれぞれ分離して維持することができる。培養室の左の側面にはカメラと LED 照明があり、メンブレン上の菌体が育つ様子が観察できる。

3. 微生物曝露装置と実験の発展

これらの装置を独立して任意の場所で運用するためには、簡単な制御装置、制御信号と画像情報を受信するための通信装置、さらにバッテリーが必要である。これを図 3 のように別の立方体ユニットに収める。将来的には、これら二つを一つのユニットに収めることにより、よりコンパクトな装置を目指すこともできる。また、曝露面に窓をつけることにより、完全な曝露ではないが、紫外線に曝露しなが

ら培養する実験も可能である。

4. まとめ

地球周回軌道を越えて人類が月・火星に進出するアルテミス計画では、ISSで曝露した試料を地上に回収して解析した「たんぽぽ」とは異なり、試料を回収する機会は限られ、地上で解析を行うことは困難である。そこで、培養機能を備えた曝露装置を開発することにより、設置現場でそのまま解析を行うことを提案し、培養機能付き微生物曝露装置の概要、および、その発展と応用を考えた。

参考文献

- 1) Akihiko Yamagishi, Hirofumi Hashimoto, Hajime Yano, Eiichi Imai, Makoto Tabata, Masumi Higashide, and Kyoko Okudaira: Four-Year Operation of Tanpopo: Astrobiology Exposure and Micrometeoroid Capture Experiments on the JEM Exposed Facility of the International Space Station, *Astrobiology*, Vol.21, No.12, pp1461–1472, DOI:10.1089/ast.2020.2430 (2021).
- 2) Satoshi Kodaira, Masayuki Naito, Yukio Uchihori, Hirofumi Hashimoto, Hajime Yano, and Akihiko Yamagishi: Space Radiation Dosimetry at the Exposure Facility of the International Space Station for the Tanpopo Mission, *Astrobiology*, Vol.21, No.12, pp1473–1478, DOI:10.1089/ast.2020.2427 (2021).
- 3) Kensei Kobayashi, Hajime Mita, Yoko Kebukawa, Kazumichi Nakagawa, Takeo Kaneko, Yumiko Obayashi, Tomohito Sato, Takuya Yokoo, Saaya Minematsu, Hitoshi Fukuda, Yoshiyuki Oguri, Isao Yoda, Satoshi Yoshida, Kazuhiro Kanda, Eiichi Imai, Hajime Yano, Hirofumi Hashimoto, Shin-ichi Yokobori, and Akihiko Yamagishi: Space Exposure of Amino Acids and Their Precursors during the Tanpopo Mission, *Astrobiology*, Vol.21, No.12, pp1479–1493, DOI:10.1089/ast.2020.0027 (2021).
- 4) Daisuke Fujiwara, Yuko Kawaguchi, Iori Kinoshita, Jun Yatabe, Issay Narumi, Hirofumi Hashimoto, Shin-ichi Yokobori, and Akihiko Yamagishi: Mutation Analysis of the *rpoB* Gene in the Radiation-Resistant Bacterium *Deinococcus radiodurans* R1 Exposed to Space during the Tanpopo Experiment at the International Space Station, *Astrobiology*, Vol.21, No.12, pp1494–1504, DOI:10.1089/ast.2020.2424 (2021).
- 5) Kaori Tomita-Yokotani, Shunta Kimura, Midori Ong, Miku Tokita, Hiroshi Katoh, Tomoko Abe, Hirofumi Hashimoto, Kintake Sonoike, and Masayuki Ohmori: Investigation of *Nostoc* sp. HK-01, Cell Survival over Three Years during the Tanpopo Mission, *Astrobiology*, Vol.21, No.12, pp 1505–1514, DOI:10.1089/ast.2021.0152 (2021).

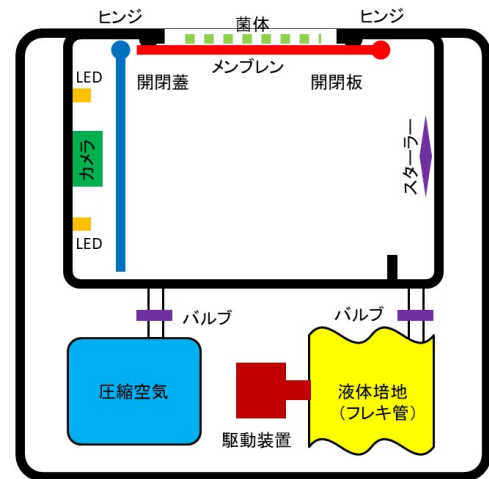


Fig.1 Exposure Device with Culture Function.

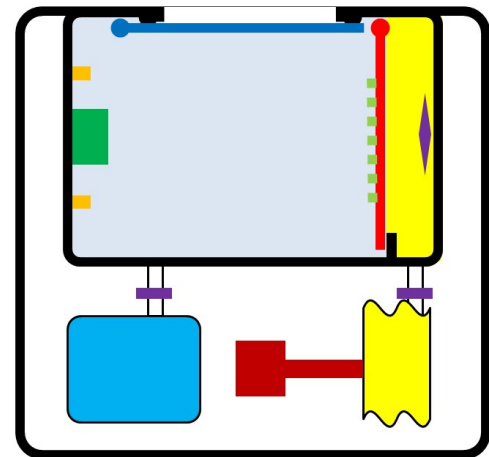


Fig.2 Device in Culture Mode.

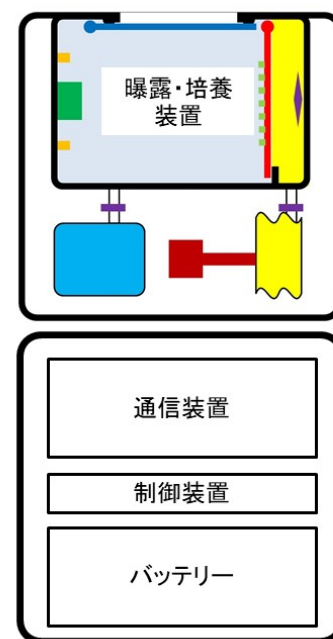


Fig.3 Advanced Version of Device.