

2021年8月6日

**【国際宇宙ステーション「きぼう」】**  
**稼働開始から7年間にわたる船内真菌叢の変遷を解析**  
**～宇宙飛行士の健康維持に定期的な清掃と微生物検査の実施が有効～**

帝京大学医療共通教育研究センター講師の佐藤一朗、山崎丘、同医真菌研究センター助教のアレシャフニ・ムハンマドマハディ、非常勤講師の西山彌生と副センター長の楨村浩一は、国際宇宙ステーション「きぼう」日本実験棟の真菌叢(注1)の経時変化を稼働開始から7年間にわたり解析しました。その結果、きぼう船内ではヒト由来の真菌が優占種となる群集を構成していること、器機表面の真菌数は増加中ではあるが空気清浄機が正常に稼働しているため培養可能な状態の真菌は船内に浮遊していなかったことを明らかにしました。

これらのことから、宇宙飛行士の健康維持に定期的な清掃と微生物検査の実施が有効であると考えられます。



国際宇宙ステーション「きぼう」の外観写真

©JAXA/NASA

**【本研究の背景】**

私たち人間の生活環境には様々な真菌が生息しており、多くの影響を及ぼしています。ロシアの宇宙船ミールは運用期間の終盤に機器のトラブルが多数報告されていましたが、その理由の一つに真菌の増殖による電子部品の腐食が挙げられています。また、呼吸器疾患などに関わる真菌の分離も報告されていたことから、宇宙飛行士の健康に対する影響も懸念されていました。そこで、宇宙船の内部で真菌叢がどのように変化するのか、国際宇宙ステーション「きぼう」日本実験棟を対象に打ち上げから7年間にわたって合計5回のサンプルを採取し、それぞれの真菌叢を培養法と群集構造解析(注2)によって明らかにしました。

### 【本研究の概要と意義】

本研究では、「きぼう」日本実験棟の真菌叢がどのように推移するのか経時的に解析を行い、そこで生息している真菌を明らかにしました。サンプル採取は打ち上げ前、打ち上げ後およそ 500 日、1,000 日、1,500 日、2,500 日の 5 回行われました。リボソーム RNA の ITS1 領域(注 3)による真菌量の解析では一時的な増減はあるものの地上の実験室相当の真菌量が検出されました。群集構造解析では、打ち上げ前は射場であるフロリダの気候を反映した種々の環境真菌が検出されました。一方、軌道上では *Malassezia* 属をはじめとするヒト由来の真菌が優占し、土壌などの自然環境から真菌が飛来しないことからごく限られた種類による真菌叢が形成されていました。

微生物検出シート(注 4)によるきぼう船内の器機表面の培養試験では、打ち上げから回を追うごとに真菌数が増加して 2,500 日の時点では  $5.1 \times 10^3$  CFU/m<sup>2</sup>(注 5)相当の真菌が検出されました。地上でこれだけの真菌が床に生えている住宅では、居住者にアレルギーなどの症状が発生し得ることが報告されていますが、空気清浄機が正常に作動しているため、空气中に培養可能な真菌は浮遊しておらず、宇宙飛行士の健康に影響はないことが判明しました。

今回の研究では、きぼう船内で培養された真菌の電子顕微鏡写真の撮影に成功しました。観察された真菌は、いずれも既知の真菌と形態的な特徴に差はなく、宇宙で育ったことによる形態変化は認められませんでした。また、得られた培養分離株は都市の生活環境に分布するありふれた環境真菌であり、そのなかには呼吸器疾患などを起こしうるものも含まれていましたが、これらの株における抗真菌薬感受性試験でも既知の株と明確な差はありませんでした。これらのことから、数年という期間では真菌は宇宙放射線や微小重力の影響を受けず地上と同様の性質を維持しているため、仮に真菌が宇宙飛行士の健康に悪影響を及ぼす場合でも、地上と同じ方法で対処可能なことが示唆されました。

きぼう船内はヒト由来の真菌を優占とし、いくつかの環境真菌による真菌叢が形成されており、その数は増加しつつあることが判明しました。現在のところ宇宙飛行士の健康に影響が出る量ではありませんが、影響が出ない量を維持するために定期的な清掃とともに微生物検査の実施が有効であると考えられます。

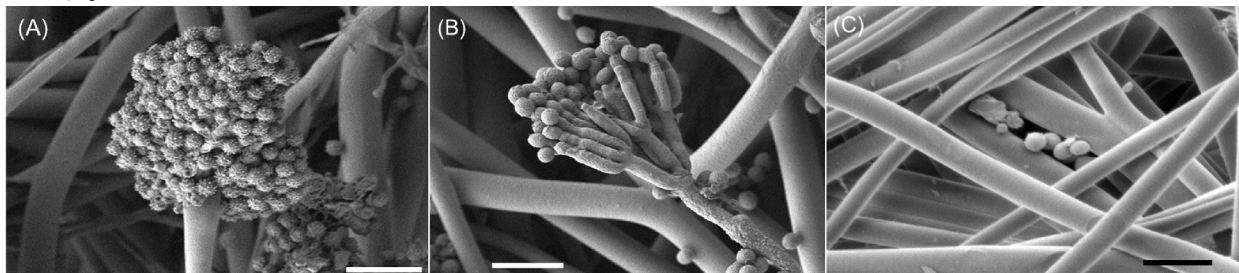


図 1. きぼう船内で培養された真菌の走査型電子顕微鏡像。(A) コウジカビの一種 (*Aspergillus sydowii*)、(B) アオカビの一種 (*Penicillium palitans*)、(C) 赤色酵母 (*Rhodotorula mucilaginosa*)。背景は微生物検出シートの不織布、スケールバーは 10 μm を示す。

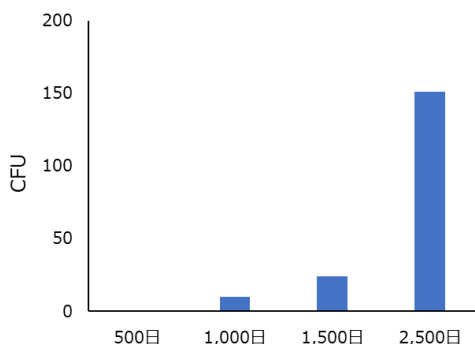


図 2. 微生物検出シートによって検出された真菌数の推移

\* 本研究は JAXA に採択された「きぼう」利用テーマ「国際宇宙ステーション内における微生物動態に関する研究 (Microbe-I, II & III)」および「宇宙居住の安全・安心を保証する「きぼう」船内における微生物モニタリング (Microbe-IV)」の成果です。

本研究は以下の国際雑誌に掲載されました。

Satoh K, Alshahni MM, Umeda Y, Komori A, Tamura T, Nishiyama Y, Yamazaki T, Makimura M. Seven years of Progress in Determining Fungal Diversity and Characterization of Fungi Isolated from the Japanese Experiment Module KIBO, International Space Station. Microbiology and Immunology.

DOI: 10.1111/1348-0421.12931

掲載日:2021年7月12日(オンライン版)に掲載

URL:<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1348-0421.12931>

帝京大学では、これまでの微生物環境モニタリングの知見を活かして、宇宙航空研究開発機構(JAXA)との協力により、「きぼう」日本実験棟の微生物環境の継続的なモニタリングや、新たな微生物のオンボードモニタリング法の開発を実施しています。

#### 【参考 URL】

JAXA.「きぼう日本実験棟 船内実験室微生物環境の評価」

<https://humans-in-space.jaxa.jp/kibouser/subject/life/70683.html>

JAXA.「宇宙船内水環境微生物のオンボードモニタリング法の開発」

<https://humans-in-space.jaxa.jp/kibouser/subject/life/70655.html>

#### 【用語の解説】

- (注1) キノコ、カビ(糸状菌)、および酵母として知られる真核微生物の集合体。
- (注2) 環境サンプルに含まれるDNAを抽出し、生態系を構成する生物の種類と量を解析する方法。
- (注3) internal transcribed spacer 領域。真菌の分子生物学的同定を行う際に規準として使われるDNA塩基配列。
- (注4) 対象微生物を検出するための試薬を含む培地および水溶性ポリマー不織布が積層された培地パッド部が粘着シートの上に接着されているシート。
- (注5) Colony Forming Unit。培養可能な微生物数を表す単位。

#### 【助成金】

本研究は、JAXA、日本宇宙フォーラム(JSF)および科研費新学術領域研究(JP15H05946)の助成によって行われました。

#### 【お問い合わせ先】

帝京大学 本部広報課

〒173-8605 東京都板橋区加賀 2-11-1

TEL:03-3964-4162 FAX:03-3964-9189

E-mail:kouhou@teikyo-u.ac.jp