

ISS・きぼう利用ミッション

「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)」

研究成果概要書

代表研究者: 楨村 浩一(帝京大学)、那須 正夫(大阪大学)

平成 29 年 2 月

1. 緒言

微生物は、あらゆる環境に生息している。宇宙居住においても例外ではない。そこでは、微生物の生態系が地上とは異なる可能性のあることから、ヒトと微生物との関係や微生物が材料などの性質にどのような影響を及ぼすのかを明らかにする必要がある。本研究の目的は、「きぼう」船内の真菌・細菌を、独自の視点からモニタリングし、環境微生物学的に評価することにある。そのため、新たなサンプリング法を開発するとともに、最新の方法を用いて解析する。得られた成果は、「きぼう」船内の微生物学的な環境管理に役立つものと期待されている。さらには、長期滞在が必要になる有人の月面基地や火星探査などにも重要な情報を提供する。

各宇宙機関においては、今後の有人惑星探査をふまえて、ISS 環境中の微生物に関する研究が推進されている。たとえば NASA においては、ISS に存在する微生物の全体像理解を目的に「Microbial Observatory」計画が進められている。本研究では、当研究グループがこれまでに開発してきた手法を用いて、ISS「きぼう」内の微生物を高精度にモニタリングすることにより、宇宙ステーションの微生物管理に役立つ基盤的知見を集積する。さらに、宇宙ステーションでの滞在・居住における衛生微生物学的な安全・安心を保証するための微生物モニタリング法を提案し、宇宙ステーション内の搭乗者や機器等に対する微生物の影響を最小限にとどめることを目的とする。

今回の研究により、ISS「きぼう」における微生物の動態が明らかになり、これらの成果をもとに NASA や ESA、ESA 等の各国宇宙機関と積極的な情報交換を行うことで、統合的な考察が可能となり、宇宙居住環境の「安全」、「アラート」、「アクション」の各レベルの衛生微生物学的な判断を的確に行うことが可能となる。これにより、宇宙ステーションの安全な運用や超長期宇宙居住を支援する宇宙研究の推進が可能となる。

2. 軌道上での微生物サンプリング

Microbe 実験は 2008 年 2 月に採択され、軌道上でのサンプリングのみの Microbe-I、Microbe-II 実験と、パーティクルカウンター、エアサンプラーを加えた Microbe-III 実験に分けて順次実施した(表 1)。

表 1. ISS「きぼう」でのサンプリング実施スケジュール

	Microbe-I	Microbe-II Run1	Microbe-II Run2	Microbe-III
キット打ち上げ	29 Aug., 2009 (Discovery)	15 May, 2010 (Atlantis)	22 Jan., 2011 (HTV2)	21 Jul., 2012 (HTV3)
サンプリング実施日	5 Sep., 2009	29 Oct., 2010	27 Feb., 2011	16 Oct., 2012
サンプル到着日	13 Sep., 2009 (Discovery)	14 May, 2011 (Endeavor)	9 Mar., 2011 (Discovery)	28 Oct., 2012 (Dragon SpX-1)

3. 実験結果および成果

3.1 真菌

3.1.1 実験概要

真菌に関しては、Microbe-I、II、および III にわたり、表面サンプリング解析として①Microbial Detection Sheet による培養発育試験、②スワブ検体抽出 DNA に対する clone 解析試験を行なうと共に、当初目標に含まれなかったが、ISS 内より地上に帰還した③機器 (MPC: Multi-Protocol Converter) 内の真菌叢を培養法ならびに clone 解析法によって検出・解析した。併せて、④CBEF

加湿器廃水試験を追加して実施した。また、Microbe-III においては、空気中の真菌叢を解析するために、⑤エアサンプラーおよびパーティクルカウンターを用いたサンプリングと解析を行なった。

3.1.2 まとめ

- (1) 軌道上において画像のダウンリンクによって真菌発育像を評価する事が可能となった。
- (2) 培養同定によって軌道上真菌叢の変遷を明らかに出来た。
- (3) 日和見感染原因菌、マイコトキシン産生菌、およびアレルギーとなる真菌を船内表面、水、および空気から見出し、潜在的なヒト健康障害の可能性を示すことが出来た。
- (4) 環境真菌の検出上、培養法と PCR-clone 解析法は補完するべきものであり、可能な限り共に実施することが望ましいことを示した。
- (5) エアサンプラーによる培養結果とパーティクルカウンター計測値ともに船内空気環境の清浄性を共に示すことが出来た。
- (6) エアサンプラー検体の PCR-clone 解析により、空気中真菌叢を評価することが出来た。
- (7) パーティクルカウンター計測により、軌道上では大気中を浮遊する大粒子径の物質が小粒子径の物質に比べると相対的に除去されにくい環境となっている事が示された。

3.2 細菌

3.2.1 実験概要

細菌に関しては、従来の表面サンプリング手法であるスワブ法に加え、独自に開発した粘着集菌シートを「きぼう」内での微生物サンプリング手法として導入した。解析にあたっては、培養に依存しない新規の環境微生物学的手法を駆使し、「きぼう」内の細菌叢の解析を行った。

3.2.2 まとめ

- (1) ISS「きぼう」で微生物サンプリングを行うにあたり、swab 法のプロトコルを決定した。
- (2) ISS「きぼう」で微生物サンプリングを行うにあたり、新たなサンプリングデバイスとして、粘着集菌シートを作製し、そのプロトコルを決定した。
- (3) 細菌現存量の測定結果から、ISS「きぼう」は現状では微生物学的に適切に管理されている空間であると考えられる。しかしながら、エアコン吸気部では地上の一般的な室内環境を超える量の細菌が検出されたこともあり、ISS における宇宙飛行士の長期滞在にとמונא, 継続的なモニタリングの必要性が示された。
- (4) 細菌群集構造の解析結果から、宇宙飛行士が頻繁に触れるパソコンや手すりの表面において、Actinobacteria や Firmicutes を中心に多様な細菌が検出された。これらの検出された細菌はヒトの常在細菌であり、宇宙飛行士の接触により、体表面から各機器等の表面に移行したものと考えられた。

4. サクセスクライテリアに係る自己評価

サクセス	クライテリア	真菌	細菌
Minimum	従来の手法で採取した試料に加え、空気中および水中に浮遊する菌を採取し回収された試料が、研究者らが研究開発してきた手法で解析できた場合。	◎	◎
Full	培養、または培養に依存しない新規の環境微生物学的手法を活用し、真菌・細菌等微生物の現存量測定や同定、群集構造解析ができ、Microbe-I/II からの経時的变化が解析できること。	◎	◎
	さらに、Particle Counter と Air Sampler については、データの相関関係が明らかにできること。	◎	NA
Extra	上記の解析手法により得られた結果が、新規の発見等に繋がるものであった場合。	◎	◎