

2010年度宇宙微生物学研究チーム活動報告

(代表者) JAXA 山崎 丘

(メンバー) 中央大・理工 大森正之, JAXA 石岡憲昭, 岐阜大・院・医 江崎孝行, 志田病院 大石浩隆, 茨城大・農 太田寛行, 静岡大・理 加藤憲二, 京都府立医大・院・医 喜多正和, 明薬大・微生物 杉田 隆, 大阪大・院・薬 那須正夫, JAXA 東端 晃, JSF 福井啓二, JAXA 藤本信義, 帝京大・院・医 榎村浩一, 立命館大学・生命科学 森崎久雄

Annual Report of Research Team "Microbiology in Space" FY2010

Takashi Yamazaki^{1}, Masayuki Ohmori², Noriaki Ishioka¹, Takayuki Ezaki³, Hirotaka Ohishi⁴, Hiroyuki Ohta⁵, Kenji Kato⁶, Masakazu Kita⁷, Takashi Sugita⁸, Masao Nasu⁹, Akira Higashibata¹, Keiji Fukui¹⁰, Nobuyoshi Fujimoto¹, Koichi Makimura¹¹, Hisao Morisaki¹²*

¹Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), ²Faculty of Science and Engineering, Chuo University, ³Gifu University School of Medicine, ⁴Shida Hospital, Saga, ⁵Faculty of Agriculture, Ibaraki University, ⁶Faculty of Science, Shizuoka University, ⁷Kyoto Prefectural University of Medicine, ⁸Department of Microbiology, Meiji Pharmaceutical University, ⁹Graduate School of Pharmaceutical Science, Osaka University, ¹⁰Japan Space Forum, ¹¹Institute of Medical Mycology, Teikyo University School of Medicine, ¹²College of Life Sciences, Ritsumeikan University

* Corresponding to: Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), 2-1-1 Sengen, Tsukuba, Ibaraki 305-8505
E-Mail: yamazaki.takashi2@jaxa.jp

Abstract: The purpose of the Research Team "Microbiology in Space" is to develop life support systems to protect astronauts from all of problems caused by microorganisms during long duration space expeditions. It is well known that the living environment in International Space Station (ISS) has been progressively contaminated by microorganisms from the beginning of construction and various microorganisms such as fungi and bacteria have been isolated from ISS by NASA and Russian researchers. We are aware of the risk and strongly feel the need to take some countermeasures against microbial contamination in spacecrafts. In our research team, we have developed the methods and procedures for periodic and long-term microbial sampling from not only the environment but also flight crew members. Environmental monitoring in Japanese Experiment Module (JEM) Kibo has been started from 2009 and body sample collection from flight crew members has been started from 2010 by our research team members. We will analyze these samples to perform the risk assessment and management during stays aboard the ISS. For the JEM second phase utilization, we will be developing the Automated On-Board Microbial Monitoring Systems to detect microorganisms directory in JEM without sample return to the ground. And also, we are promoting space flight experiments of microorganisms using recovery satellites and extending cooperation to international efforts to establish research communities of Microbiology in Space.

Key words: Life Support, Microbial contamination, Microbial monitoring, Spacecraft environment, Microbiology in Space

国際宇宙ステーション「きぼう」日本実験棟船内実験室における微生物叢モニタリング

Microbial Dynamics in International Space Station (Microbe-I, II & III)

2008年5月の1J/A(STS-123)フライトを皮切りに3回に分けて国際宇宙ステーションに向けて打ち上げられた日本初の有人宇宙施設「きぼう」日本実

験棟は、2009年7月の2J/A(STS-127)フライトをもって建設が完了した。与圧モジュールである船内実験室は2008年6月に第2便(1J/STS-124)にて打ち上げられ、ISSにドッキングした後、初期検証を経て実運用が開始されており、クルーが実験をはじめとする様々な作業を行い、また生活するスペースにもなっている。長期滞在型有人宇宙施設につい

て、打ち上げ・運用開始時から継続的に微生物叢モニタリングを行うことは、ゴミや埃が下に落ちることのない人工的な完全閉鎖型施設という特殊環境における微生物叢形成ならびにその動態を知る上で非常に貴重な機会である。日本における最初の軌道上微生物モニタリング実験となる Microbe-I は、2009 年 8 月から 9 月に掛けて実施された。得られた試料は 17A/STS-128 フライトにより地上に回収され、解析に供された。その結果、軌道上で行われたサンプリングシートでの培養結果は陰性であり、地上において継続培養した結果からも菌の発育は認められなかった。また、培養用のサンプリングシート上に繊維くず等は認められたものの、ヒト毛髪、落屑は認めず、微細集落を含むいかなる菌体も認められなかった。さらに定量 PCR 法による DNA 検出を行ったところ、*Malassezia restricta* を含むヒト常在菌、および一般的な環境真菌遺伝子の増幅が確認された。以上のことから、運用開始後およそ 460 日時点における「きぼう」船内は、高い清浄度を保っていることが明らかとなった。但し、ヒト常在菌および一般的な環境真菌遺伝子が検出されていることから、船内にこれら真菌が既に生育していることが示唆される。



地上に回収された Microbe 実験用サンプリングキット
(左) 拭き取りスワブおよび保存用チューブ
(右) サンプリングシート

Microbe 実験は今後 Microbe-II、Microbe-III として、検証項目やハードウェアを増やしながらか、継続的に実施していくこととなっており、今後更なるデータの蓄積が期待されている。

国際宇宙ステーションに滞在する宇宙飛行士の身体真菌叢評価

Mycological Evaluation of Crew Member Exposure to ISS Ambient Air (Myco)

ISS に滞在する宇宙飛行士の皮膚、鼻腔粘膜、咽頭粘膜の常在微生物叢変化を調査する Myco テーマの軌道上実験が開始され、ISS 滞在中の宇宙飛行士

による最初の試料採取が 2010 年 2 月 (20A/STS-130 ミッション中) に実施された。宇宙飛行士自ら採取した試料は、20A/STS-130 フライトで長期滞在クルー 2 名分 (長期滞在中 2 回実施される内の 1 回目)、短期滞在 (シャトルミッション) クルー 1 名分 (短期滞在クルーは滞在中 1 回のみ) が回収され、19A/STS-131 フライトで長期滞在クルー 2 名分 (それぞれ 2 回目) および短期滞在クルー 3 名分の試料が、ULF4/STS-132 フライトで更に長期滞在クルー 1 名分および短期滞在クルー 2 名分の軌道上採取試料が回収された。その後、燃料タンクのトラブルによる ULF5/STS-133 フライトの遅延はあったものの、適切な時期に採取された長期滞在クルーの試料は軌道上で保管されており、後日スペースシャトルにて回収される予定である。地上に回収された試料は、飛行前、飛行後に採取された試料と比較して皮膚、粘膜の微生物叢にどのような変化が起こったかについて、現在詳細に解析が進められている。

宇宙飛行士は宇宙滞在中、比較的脂性肌になることが経験的に知られている。スポンジバスなどで体を清拭してはいるものの充分とは言えず、好脂性真菌の増殖が原因で皮脂の分泌が亢進され、さらに増殖するという悪循環に陥っている可能性がある。また、脂性肌には船内を漂う塵や埃などが付着しやすくなることもあり、宇宙飛行士の皮膚の状態変化のデータは、感染症やアレルギーのような皮膚疾患の対策をする上でも必要不可欠であり、宇宙飛行士の効果的な除菌等を含めた菌叢管理法開発に繋がる成果が期待されている。



地上に回収された Myco kit

なお、本研究は JAXA 宇宙医学生物学研究室および宇宙科学研究所 ISS 科学プロジェクト室が中心となり実施される医学研究プロジェクトである。

回収衛星を利用した藍藻実験と装置開発

The India-Japan Cooperative Space Experiment Using the Indian Recovery Satellite

本研究チームでは、「生物科学系スモールペイロード宇宙実験研究チーム（代表：東端 晃，JAXA）」「宇宙ストレス生物学研究チーム（代表：石岡憲昭，JAXA）」と共同で、小型の宇宙実験装置開発を進めてきた。軌道上で自動的に実験を開始し、培養後の試料を化学固定した後、地上に回収するというパターンを基本とし、小型ポンプ、バルブ、培養用チャンバー、化学固定用チャンバー、温度制御部、光合成生物の培養に必要な光制御部などを組み合わせた実験系および装置の開発が今年度までに完了した。研究チームでは、今回開発した藍藻用小型培養実験装置（地上用モデル）を用い、フライトシーケンスに合わせた運用試験を実施した。藍藻（シアノバクテリア、*Spirulina platensis*）を、安定同位体 ^{18}O 水を含む培地に入れ、打上げまでの待機時間、培養時間を完全にシミュレートして地上試験を行ったところ、藍藻は概ね順調に生育することが分かった。また、光合成により発生した ^{18}O を含む酸素を検出することに成功し、宇宙実験実施に必要な条件を満たしていることが確認できた。



光合成により発生した酸素を採取し、GCMS を用いて ^{18}O 含有量を分析する。

中央大学・諏訪研究室提供

この小型微生物実験装置は、インドの回収型科学衛星 SRE-2 へ搭載し、国際共同実験を実施する予定である。現在 SRE-2 への小型藍藻培養装置搭載に向け、適合性試験の結果をもとに培養系や科学固定系の最適化のための試験を継続中で、2011 年中にインド・スリハリコタ射場から打ち上がる予定である。

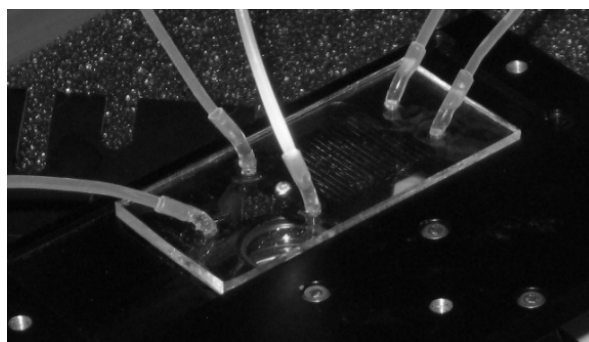
宇宙船内環境微生物のオンボードモニタリング技術の開発と利用

On-Board Microorganism Monitoring in Spacecrafts

搭乗員や宇宙施設を微生物災害から守るためには、船内の微生物叢が今どのような状態にあるのか、

即時に正確に把握する必要があるが、現時点では試料を軌道上で採取した後、地上に回収せねば微生物叢を分析することはできない。2011 年のスペースシャトル退役後は試料の回収量が極端に制限され、もし回収できたとしてもその機会は数カ月から 1 年に 1 回程度であろうし、地上での解析が完了するまでのタイムラグも生じるため、搭乗員が生活環境の状態を即座に把握することは不可能である。

本研究チームでは、これまで軌道上で搭乗員が簡単に扱うことができる高精度な微生物試料採取法や、軌道上で実施可能な多種類の微生物を網羅的にスクリーニングする手法、マイクロ流路システムや化学発光・遺伝子増幅法によるオンボード微生物検出デバイスの検討を進めており、「きぼう」船内実験室第 2 期利用後半期間に向けた候補テーマに採択された。搭乗員自身により船内で実施が可能であり、即座に結果を判読することができる分析手法を世界に先駆けて開発し、ISS 内の衛生微生物学的な安全・安心確保のために重要な知見を蓄積すると共に、今後の有人宇宙活動の安全な運用と更なる宇宙開発の推進に貢献することを目指す。



軌道上での実用化を目指すチップ型のマイクロ流路デバイス。

大阪大学・那須研究室提供

(参考)

宇宙利用シンポジウム（第 27 回）

L49 2010 年度生物科学系スモールペイロード宇宙実験研究班 WG 活動報告