

平成 18 年度「生物科学系スモールパイロード宇宙実験研究班」活動報告書

代表者： 宇宙航空研究開発機構 東端 晃

1. 構成メンバ

氏 名	所属
東端 晃	宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部
高橋 秀幸	東北大学大学院 生命科学研究科
東谷 篤志	東北大学大学院 生命科学研究科
最上 善広	お茶の水女子大学 理学部
二川 健	徳島大学大学院 ヘルスバイオサイエンス研究部
高橋 昭久	奈良県立医科大学 医学部生物学教室
永瀬 睦	(株)千代田アドバンスト・ ソリューションズ 宇宙・開発ソリューションユニット
福井 啓二	(財)日本宇宙フォーラム 技術・研究推進部
嶋津 徹	(財)日本宇宙フォーラム 技術・研究推進部
藤本 信義	宇宙航空研究開発機構 有人宇宙環境利用プログラム グループ
馬嶋 秀行	鹿児島大学大学院 医歯学総合研究科
曾我部 正博	名古屋大学大学院 医学系研究科
山崎 丘	宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部
石岡 憲昭	宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部

2. 本年度 WG 会合開催実績

- (1) 第 1 回：平成 18 年 12 月 22 日
- (2) 臨時会合：平成 19 年 1 月 16 日

3. 活動目的

国際宇宙ステーションの日本モジュール (JEM) の本格的な運用開始が目前に迫り、JEM 初期利用宇宙実験については準備が着実に進められているが、2010 年にはスペースシャトルの運用停止が計画されており、それ以降の次世代型宇宙実験のあり方についての具体的検討が十分に進められているとはいえない。

本研究班は平成 17 年度に活動を開始し、これまで行われてきた比較的大掛かりな装置やコストを要する宇宙実験に替わり、小規模でも科学的意義の高い次世代型の生物科学系の宇宙の実現に向けた検討を進めることを目的として発足した。

平成 18 年度は、各種宇宙実験手段において想定される制約条件等を踏まえた具体的なモデル実験、特に JEM 搭載 PCRF を用いた実験系の検討と、ロシア回収型科学衛星 BION の利用を目指した実験のデザインについて話し合い、具体的な概念検討および要素試作を行った。

4. 活動内容

本研究班での検討項目を以下のように設定した。

- (1) 各フライト手段における実験の制約条件の検討

現在利用できる各フライト手段のプロフィール等から、実験可能な範囲と制約条件を明らかにする。また、過去に行われた実験の制約条件について整理をする。

- (2) 実験生物種の検討

モデル生物などスモールパイロード実験に適する生物種について検討し、それらを用いてどのような実験系が組み立てられるかを検討する。

- (3) 候補実験の検討

モデル実験を記述し、利点を明確にする。

(4) 搭載用装置の概念検討

自動実験を可能とする装置の概念をまとめる。また、活用できそうなマイクロ技術の情報収集を行う。

これらの項目を踏まえ、本年度の会合では以下のような検討を行った。

4.1. 国際的なスモールサイズの宇宙実験の動向についての整理

現在、NASA はヒューマンエクスポレーションを前面に押し出しているが、ヨーロッパ各国やカナダなどは、ベーシックな生物実験も重視している傾向がある。特にカナダではISSでのリソースが少ないことなどから、“Low Resource Experiments”の推進に乗り出し、カナダ国内でテーマの募集を行っている。JAXA では日本-カナダ間の協力プログラム体制をとっており、今後この枠組みの中で共同作業を展開できるかどうか検討する予定である。

4.2. 日本が所有する装置 (PCRFB) の利用の可能性についての検討

PCRFB は JAXA が開発した JEM 搭載用のタンパク質結晶精製装置であるが、内蔵される 6 個のセルカートリッジが独立にペルチェ素子を持ち、CCD による観察も可能であるため、生物系の実験にも十分利用できると考えられる。本研究班の会合において、これらの機能性能を踏まえどのような実験系が組み立てられるかを会合において検討した。PCRFB のスペック上、温度の制御範囲は 0~35℃であるため、現状のままでは哺乳動物の細胞培養を行うには多少厳しいが、37℃で保温できることや湿度が保てるように改良を加えることによって、十分に培養細胞を用いた実験が可能であると考えられる。また、CCD 搭載の利点を生かし、線虫や昆虫、小

型魚類などの行動観察や植物の生育観察を行うことも可能であると考えられる。今後、変更して行っているマイクロ技術の調査状況を踏まえて、どのような小型実験が PCRFB に搭載できるか引き続き検討していく予定である。

4.3. 研究のターゲット、使用する生物種の検討

省スペースでの実験という観点から、複雑な機械系統を要求する実験系や小動物の飼育などは現段階では検討の視野から除外することとした。JEM 初期利用の実験テーマおよびプリカーサー的な宇宙実験の蓄積から考慮し、今のターゲットとなる生物種については、培養細胞、線虫、微生物、小型植物が候補として挙げられた。

培養細胞を用いた実験については JEM 内に設置される CBEF を利用して行われることになっているが、いずれもクルーの操作を必要としたものである。従って本研究班では、小型送液系や高性能なマニホールドを取り入れた実験システムの小型化および完全自動化の培養系の検討を開始し、どのようなマイクロ技術が導入できるか具体的に検討を始めた。また、これらの検討を体現化するため、次項に示す BION を利用した宇宙実験の実施を目指し、要素検討を開始した。

4.4. 国際共同ミッション推進研究への提案

研究班内で研究提案を検討し、提案を募集母体である JAXA 宇宙科学本部に提出した。

(1) BION で実施できる実験モデルの概念検討

BION での制約条件を整理し、ターゲットする実験項目、実験に用いる生物種について研究班内で検討した。これまでの実験データの蓄積等を考慮して、線虫

の継世代培養システムを確立することを目指すこととした。

過去の宇宙実験では手順を簡素化するために完全合成培地を利用した系が主体であり、通常の大腸菌を給餌させる方法から比べて生育が遅いことや、時間が経過するにあたって異なる生育ステージの線虫が混在するなどの課題が残されている。従って BION 搭載に向けた完全自動化システムでは、大腸菌を独立で培養させて線虫に給餌する系を確立し、生育ステージ別に回収できるソート機能を取り込んだ培養システムの概念検討を始めた（図 1）。この検討においては、将来的に別の実験手段でも応用が利くよう、共通的なモデルとなることを念頭において進める。

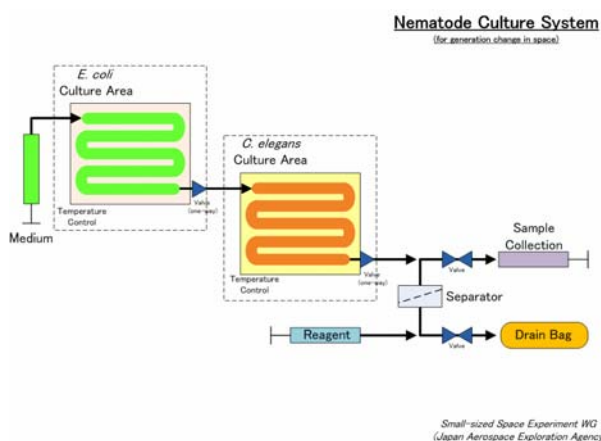


図 1 線虫継世代培養システム概念図

(2) ダウンサイジングを目指したマイクロ技術の導入検討

近年、医療への応用をベースとしたマイクロ技術の発展が目覚しく、優れた溶液処理系、試料解析技術が多く発表されている。これらの技術を 1)に記した培養システムの開発に取り入れ、さらには on board 解析まで視野に入れ、各方面の導入可能なマイクロ技術を検索し、マイクロ技術を持つメーカーとのディスカッションを含めフィージビリティ検討を開始した。

(3) 培養システムの要素試作

上記の検討と平行して各要素の試作を行い、我々が期待する精度での実験結果が得られるかどうかの検討を開始した。

今年度は、培養部の工作と市販品を組み合わせた試作を行い、送液や温度制御についての検討を一部行った。図 1 の概念図を元に図 2 のような系を組み、送液試験を行った。現在のところ 2.0×10^4 PaG、10 分間の加圧でも液の漏洩は無く、シリンジポンプを用いて最高 5mL/分で送液したところ問題なく液の回収が確認できた。



図 2 要素試作品の回収系統

また、温度制御装置を調達し、培養部の温度制御性を確認した。設定温度から $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 程度の温度揺れが見られたが断熱剤の改良等で制御性が改善されると思われる。

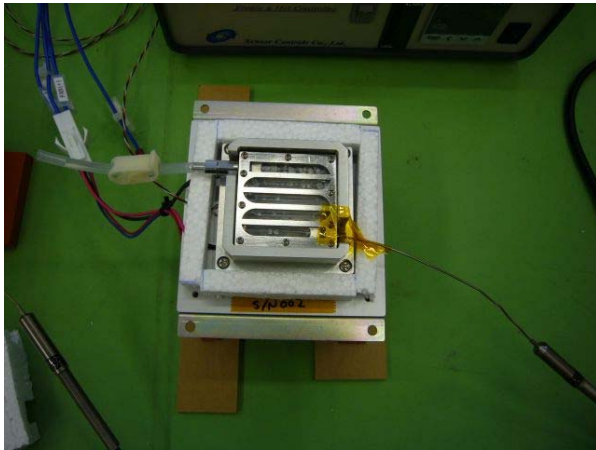


図3 ペルチェによる培養部の温度制御

成 19 年 1 月 16 日), 東京.

・競争的資金獲得・応募状況
宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部
「国際共同ミッション推進研究」海外衛星
搭載観測機器開発費 (イ) 3,500,000 円

(4) BION ロシアスタッフとの打合せ

要素試作など各種検討作業と平行して、BION に関わるロシアスタッフとの打合せを行った。日本から東端ほか 2 名が IBMP (Institute for Biomedical Problems) に赴き、現在検討している培養システムと研究動向等について発表し、BION への搭載の可能性について話し合った。2010 年に打上予定の BION については、ロシア国内でのコンフィギュレーションがかなり固まりつつあるので、今後綿密に連絡を取り合い、搭載に向けた検討を迅速に進めていくこととなった。

(5) 今後の予定

研究班内で要素検討を迅速に進め、具体的な必要リソースについての情報を IBMP にインプットする。また、IBMP との共同作業であるため、IBMP が関心を持つ微生物を対象とした実験について我々が検討しているシステムを用いて実施できるかどうかの可能性についても、検討を進める予定である。

5. 成果

・学会発表

東端晃ほか, 「平成 18 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」, 第 23 回宇宙利用シンポジウム (平