

長期有人宇宙活動を支える宇宙生命科学研究の基盤整備

① ビジョンの概要

数年後に迫る「ポスト国際宇宙ステーション (ISS) 時代」の宇宙利用研究に多様性と革新を生む道を創り、月軌道プラットフォーム (ゲートウェイ) や月面での実験にも発展しうる将来展開の礎を作るとともに、「宇宙惑星居住科学の確立」、すなわち宇宙環境を利用した多様な理学・工学の追求を進め、広範な科学、宇宙法や文化に関する社会科学、多様で調和のとれたコミュニティと連携し、宇宙での人類の長期居住の確立を目指す。

② ビジョンの内容

人類の宇宙開発・利用は、国際宇宙ステーション (ISS) に代表される国際協力活動を経て、月さらには火星への進出・長期居住を目標に発展しつつある。ISS を主要手段として進められてきた「宇宙環境利用科学」は、2019 年度深宇宙探査ゲートウェイ TF 報告書において、今後より多様な手段と機会を利用して「微小重力科学」と「宇宙生命科学」を重点的に進めることを謳っている。また、アルテミス計画における科学の検討事項においても、今後「長期間持続可能な活動領域を構築する」ことを目標に、生命維持／環境制御から食料生産 (植物栽培等) のシステム構築などが、これまでに獲得した宇宙技術を基に発展させていく技術要素

として挙げられている。その究極的目標は、「宇宙惑星居住科学の確立」、すなわち宇宙での生命と人類の長期居住の確立である。日本が世界においてイニシアティブを持って宇宙惑星科学を確立するためには、宇宙生命科学コミュニティに留まらず、JAXA、宇宙理工学、さらには宇宙法や文化に関する社会科学も加え、多様なコミュニティと調和的に連携した横断的学際学術振興を強力に推進する必要がある。

そこで、「宇宙横断的学際学術コミュニティ」の下、以下 2 つの柱となる構想を提案する。

課題構想 1：生命・理・工連携による継続的な宇宙生命実験の機会を広げるプラットフォームの整備：宇宙ステーションのみならず、超小型衛星等への搭載も容易な「宇宙生命実験標準ユニット」の開発。

課題構想 2：生命・理・工・社会・人文連携による月面における動植物育成研究設備の設計・設置、それらを利用した宇宙実験系や CELSS の構築。

③ 学術研究構想の名称

長期有人宇宙活動を支える宇宙生命科学研究の基盤整備

④ 学術研究構想の概要

本提案の学術研究構想は、宇宙での人類と生命の長期滞在の確立を目指す「宇宙惑星居住科学」という新領域を開拓し、確立するものである。そして、宇宙開発分野における競争・共同と地球周回軌道の「民営化」が現在急激に進行する中、本構想は、近い将来の月や火星等での現実的な居住を可能とする上で必要不可欠な宇宙惑星居住科学等のパイオニア的研究を、巨大な宇宙機関のみに依存せず、大学レベルでも可能にする。

⑤ 学術的な意義

「宇宙惑星居住科学」という新領域の開拓と確立は、人間や生命が宇宙環境で長期滞在・活動するための、物理・生命・社会科学を融合した包括的なアプローチであり、宇宙での持続可能な生活圏の創出や生命の適応機構の解明など、学術的・技術的に高い意義を持つ。

また、本提案によるシステムの「小型化・標準化」は、超小型衛星への標準搭載ペイロードの 1 つを確立し、宇宙生命実験のすそ野を広げる。将来的な宇宙生命科学研究のプラットフォーム構築による実証・実験機会の飛躍的増大につながる。

宇宙惑星居住科学の発展は、単に宇宙開発を目的とした研究のみならず、地球環境や人類の永続性と福祉の向上にも還元可能であり、また未来を担う広範な分野の次世代育成にもつながる。



図 1 ビジョン概要

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

宇宙惑星居住科学の確立は、全人類が今や目指すところである。これまでの国際宇宙ステーションの運用が、国際協力の下で実施されてきたのと同様に、宇宙惑星居住科学研究も、アメリカ(NASA)、ヨーロッパ(ESA)、ロシア、日本(JAXA)、中国が中心になり、進められている。現在、各国が探査機、ロケットを独自に開発し、宇宙開発を先導しようとしているが、宇宙生命科学を軸とした研究開発は、現時点では構想のみで、実施できていない。我が国が宇宙生命科学を軸とした宇宙惑星居住科学研究を発展させ、世界を先導するためには、国家プロジェクトとして、早急に進める必要がある。

⑦ 社会的価値

今日、「宇宙ビジネス」という言葉が象徴するように、宇宙開発は日本のみならず全世界が強い関心を持ち、各国が競ってロケット開発に力を入れている。一方、宇宙での長期滞在のリスク、課題に関しては一般国民に浸透していないのが実情である。この要因は、国際的にも宇宙環境が生命に及ぼす短期・長期的影響の研究が途上であるためである。したがって、安心・安全に宇宙に進出するためにも、宇宙生命科学は、我が国のみならず国際的にも早急に進めるべき課題である。本提案は、宇宙滞在でのリスクや課題を克服し、人類が安心・安全に宇宙に進出するための学術研究構想である。よって、日本が世界を先導して宇宙惑星居住科学を進めることの社会的価値は、我が国のみならず、国際的にも絶大である。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

本構想の実実施計画、スケジュールは 2024 年度～2032 年度を想定する。すでに東北大学、帝京大学では、「宇宙生命実験標準ユニット」の開発が各大学の支援の下実施されている。これらの研究実績をベースに、まずは東北大学で開発中の「宇宙生命実験標準ユニット」のフライトモデルを 2027 年度内に完成させ、2028 年度までには宇宙フライト実験を実施し、装置を検証する。東北大学の宇宙生命実験標準ユニットでは、植物を搭載した実験を想定しているが、2026 年度からは、各研究者、コミュニティが研究目的に合わせた宇宙生命実験標準ユニットの設計・開発を実施する。利用者を増やすことにより、より汎用性の高いユニットの開発に繋げることができる。

課題 1

中核実施機関：東北大学、千葉大学、北海道大学、群馬大学、富山大学、東京薬科大学、筑波大学、徳島大学、九州大学

所要経費：研究設備・「宇宙生命実験標準ユニット」の開発・運用費として 30 億円、人工衛星に搭載した宇宙実験の運営費として 20 億円

2023 年度以降：汎用性宇宙生命実験標準ユニット研究設備の設計・開発（継続中）

2025 年度～：新たな汎用性宇宙生命実験標準ユニットの設計・開発（継続中）

2028 年度：東北大開発汎用性宇宙生命実験標準ユニットを用いた宇宙実験の実施

2029 年以降：順次開発した宇宙生命実験標準ユニットを衛星に搭載し、生命科学実験を実施する。

課題 2

中核実施機関：大阪公立大学、東北大学、千葉大学、東京大学、北海道大学、京都大学、東京薬科大学、東京医科歯科大学、量子科学技術研究開発機構、徳島大学

所要経費：月面への運搬、設置費用・運用費として 85 億円

2024 年度：月面での CELSS 構築を目指した WG を設置し、構築に必要な課題要素の洗い出しを行う。必要に応じて、宇宙生命実験標準ユニットの開発、ISS を利用した宇宙実験の準備を開始する。

2025 年度以降：宇宙生命実験標準ユニットを利用した宇宙生命科学実験の実験結果を踏まえ、月面での閉鎖生態系生命維持システムの設計、設置方法、運用方法、環境リスク評価に関して日本としての方針を取りまとめる。その後、アメリカ、ヨーロッパ、カナダとの調整に入る。

2027 年度以降：研究設備の月面への運搬、設置の準備。

2030 年度：月面での研究設備の設置開始

⑨ 連絡先

高橋 昭久（群馬大学重粒子線医学研究センター）