

## 再使用観測ロケット計画

### ① 計画の概要

従来の観測ロケットは打ち上げ後、機体・ペイロード（観測機器等）をそのまま海上に落下させ投棄する使い捨てロケットであるが、本計画で提案する再使用観測ロケット（図1）は、高度 100km 以上に 100kg 以上のペイロードを打ち上げ、発射点に帰還する特徴を有するものである。再使用観測ロケットを開発することで、観測ロケット利用コストを大幅に下げ、実験観測機器をはじめとしたペイロードの持ち帰りと高頻度運用による革新的な実験機会を研究者に提供することが可能となる。また、本計画を通じて、宇宙輸送コストを飛躍的に削減する将来の宇宙往還システムの実現に必要な基礎技術の開発・実証の機会が得られ、さらに開発した再使用観測ロケットを「実運用」することでこれらの技術を洗練することが可能となる。すなわち本計画では、研究者への低コストかつ質的に異なる革新的な観測ロケット実験機会の提供と、将来の宇宙往還システムに必要な基礎技術の獲得の両方を目標とする。



図1 再使用観測ロケット

開発する機体は、最短で1日2回の打ち上げが可能で（ターンアラウンドタイム 24 時間以内）、現有の使い捨て観測ロケット S-310 の 1/10 の運用コスト、100 回の再使用が可能なシステムを目指す。ターンアラウンドタイムを最小化し、現有の射場設備を最大限利用するために、垂直に発射し垂直に着陸するシステムとする。推力 4 トン級の液体水素／液体酸素エンジンを 4 基搭載し、エンジンが 1 基故障したとしても安全に発射点に帰還することができるシステムとする。機体規模は、全備重量 11 トン、乾燥重量 3.8 トン、全長 13.5、機体直径 3m、ペイロード空間約 0.5 立方メートル程度を想定している。低コストかつ短期間での開発・運用をめざし、既存の地上設備を極力利用することで、機体開発に資金を重点配分する計画である。

### ② 学術的な意義

再使用観測ロケットを運用することにより、同じ打ち上げ費用で 10 倍程度の実験機会、すなわち従来の観測ロケットにより得られていた研究成果が 10 倍程度見込めることになる。これに加えて、ペイロード回収や飛行中の姿勢・軌道制御等による革新的かつ質的に異なる実験環境が提供されることにより、質的に異なる科学成果が期待できる。

例えば、地球大気・環境計測の分野では、再使用観測ロケットにより 1) ロケット軌道・姿勢の自由度向上、2) 亜音速飛行・準静止状態の実現、3) 観測機器の回収と繰り返し飛行が可能であることから、大気微量成分・エアロゾル・微粒子の観測（組成、温度測定）、大気および粒子の継続的サンプリング、地球規模の大気のエネルギー収支や運動の理解とモデル化の研究・利用分野で特に発展が予想される。さらに、再使用観測ロケットによって高頻度かつ世界の多地点で地球大気環境の時間的空間的トレンドを精度良く測定する事が可能になれば、個別の大気現象相互の関係やメカニズム理解の飛躍的向上および地球環境変動研究等に役立つ地球環境モニターとして画期的な成果をもたらすことが期待される。また、無重量環境利用分野においても、再使用観測ロケットによって実現する継続した高頻度の実験機会と 180 秒間の良質な微小重力実験機会の提供により、従来のロケット実験や ISS 利用に比べ飛躍的な研究の活性化と成果創出をもたらすことが期待される。

また、革新的な再使用観測ロケット開発を通じて、将来の宇宙輸送コストを飛躍的に削減する宇宙往還システムの実現に必要な、繰返し飛行運用や故障許容システム、寿命管理設計や信頼性設計技術、軽量の構造・材料および推進システム等の基礎技術の工学研究成果が期待できる。さらに、先端的研究を通じた新規技術の導入により、若手研究者の教育の場としても重要な役割を果たし、若手研究者の育成に貢献することも期待される。

### ③ 実施機関と実施体制

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（以下 JAXA）が中心となって実施する計画である。JAXA 宇宙科学研究所が実施した再使用観測ロケット技術実証プロジェクトと、JAXA 宇宙科学研究所と JAXA 研究開発部門との協働及び民間や大学との共同研究で取り組んでいる再使用ロケット実験機による研究活動から得られる成果を最大限に活用し、JAXA 内組織を横断する再使用観測ロケットプロジェクトチームを立ち上げ、再使用観測ロケットの機体システムおよびエンジンシステムを取り纏める計画である。また、JAXA 宇宙科学研究所の大学共同利用システムを最大限に活用し、現在も再使用ロケットに関連する共同研究に取り組んでいる東京大学（極低温推進剤マネジメントの研究他）、横浜国立大学（帰還飛行の空気力学の研究他）、東京農工大学（流体制御の研究他）など、全国の大学の研究者とともに今後も更なる展開を図りつつ連携して進める予定である。さらに、ロケットの製造はロケット製造経験のある製造メーカーとの共同研究も視野に入れて連携して開発を進める計画である。尚、同時並行で JAXA 宇宙科学研究所の宇宙工学委員会・宇宙理学委員会が主体となって全国の大学の研究者とともに組織する各専門委員会との連携を図り、再使用観測ロケットが持つべき機能や性能について議論を重ね、密接な連携を取りつつ開発を進めて

いく計画である。

#### ④ 所要経費

再使用観測ロケット計画の実現にかかわる費用として以下3つの項目が挙げられる。現時点で総経費100億円を見込んでいる。(すでに完了した再使用観測ロケット技術実証および現在取り組んでいる再使用ロケット実験機による研究活動の経費は含まない)

(内訳)

(1)再使用観測ロケット機体システム開発・製造・試験費：40億円

(2)地上試験設備、射場設備整備費：25億円

(3)再使用観測ロケットエンジン開発・製造・試験費：35億円

#### ⑤ 進捗状況

2010年度から2016年度まで、JAXA宇宙科学研究所内において再使用観測ロケット技術実証プロジェクトを組織し、概念設計と再使用観測ロケットに特有かつリスクが高く新規の技術に関して技術実証活動を行い、課題の解決と実際の飛翔に伴う技術課題の抽出を完了した。特にエンジンについては再使用型の技術実証エンジンの開発を行い、着火回数142回に上る燃焼試験を実施し、エンジンの再使用化に向けて寿命管理が可能なエンジンの開発に成功している。本技術実証はJAXA内部資金により実施した。2016年度後半より、このエンジンを利用して低高度に飛翔可能な再使用ロケット実験機を構築し、飛翔に伴う技術課題の実証実験を行って、高高度に飛翔する再使用観測ロケット機体開発の準備を整える計画を進めている。現時点では2019年度および2020年度において飛行実験を行う計画であり、2018年度までに再使用ロケット実験機を開発し、飛行実験に向けた計6回のシステムレベルでの繰り返し地上燃焼試験に成功した(図2)。推力4ton級のターボポンプエンジンを搭載した機体システムとして、世界一流の推力40～100%の連続スロットリングを達成するとともに、飛行実験における世界最短の24時間ターンアラウンドの実現に向けて中一日での燃焼試験運用を達成し、再使用システムの効率的な繰り返し運用技術を獲得した。この実験機による活動はJAXA内部資金および民間との共同研究により進めている。再使用ロケット実験機の飛行実証により垂直離着陸飛行および繰り返し運用などに関する技術を獲得した後に、再使用観測ロケットの運用システム開発への移行を目指す。



図2 再使用ロケット実験機地上燃焼試験

#### ⑥ 社会的価値

再使用観測ロケットの実用化・実利用により、将来の宇宙輸送システム実現すなわち、一般国民が宇宙に対しより身近になることを体現することができ、ロケットを再使用することに対する理解が一層深まる。我が国が世界に先駆けて再使用観測ロケットを実用化し、実利用においてそのメリットが実証できれば、他国に対して技術的に優位となり、産業的・経済的効果を得ることができる。また、再使用観測ロケットの実現により高頻度に資材を宇宙へ輸送する手段の確立へ向けて一歩近づくことになり、軌道上インフラを利用した軌道間の輸送ネットワークを構築し、全く新しい宇宙科学を開拓するとともに、現在深刻さを増すエネルギー問題の解決策の一つとして期待され、宇宙基本計画でも謳われている宇宙太陽光発電衛星の実現に向けて大きく前進することが期待される。さらに、繰り返し運用を重ねることで実績を積み上げ、同時に安全性評価も進めばロケットの有人化、更には実現しつつある宇宙旅行を日本でも実現することで経済的・産業的な活性化も期待される。

#### ⑦ 本計画に関する連絡先

野中 聡 (国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)