資料110-2
科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
（第110回）2026.11.26

ロケット再使用のための基盤技術の研究状況について
（RV-X及びCALLISTOの現状報告）

令和8年(2026)年11月26日

国立研究開発法人　宇宙航空研究開発機構　研究開発部門
理事　稲場 典康

目次（資料構成）

はじめに ・・・ 3

次世代にむけた宇宙輸送技術の基盤技術研究の全体概要 ・・・ 4

システムレベルの再使用化技術検証（段階的飛行実験） ・・・ 6

①再使用ロケット実験機（RV-X）飛行試験について ・・・ 7

②次フェーズのシステム検証 CALLISTOについて ・・・ 14

研究開発成果の活用先と今後の主な取組 ・・・ 17

はじめに

- 宇宙航空研究開発機構（JAXA）においては、宇宙基本計画や宇宙技術戦略に基づき、2040年代までの輸送ニーズの多様化などを見据え、将来の宇宙利用市場及び継続的な我が国の宇宙輸送システムの自立性確保と宇宙産業の発展に向けて、抜本的な宇宙輸送能力の強化やライフサイクルコストの低減などの次世代宇宙輸送の競争力の獲得を目指した基盤技術研究を推進している。

- 将来の宇宙輸送システムに広く有効であると考えられる新しい技術のうち、機体の再使用化技術は打上げの高頻度化やライフサイクルコストの低減などに対して有効な手段であるため、要素レベルの研究に加えてシステムレベルの技術実証研究も推進している。

- 本日は、システムレベルの技術実証研究である日本単独の再使用ロケット実験機（RV-X）及び国際協力による1段再使用飛行実験（CALLISTO）の研究開発状況について報告する。

次世代に向けた宇宙輸送技術の基盤技術研究の全体像

■ 将来の輸送ニーズの多様化や拡大などに応えるためには、以下のような民間事業者やアカデミアだけでは実施が難しい、多数・大規模な新技術の開発（宇宙輸送システムの運用の観点で整理した例）が必要である。

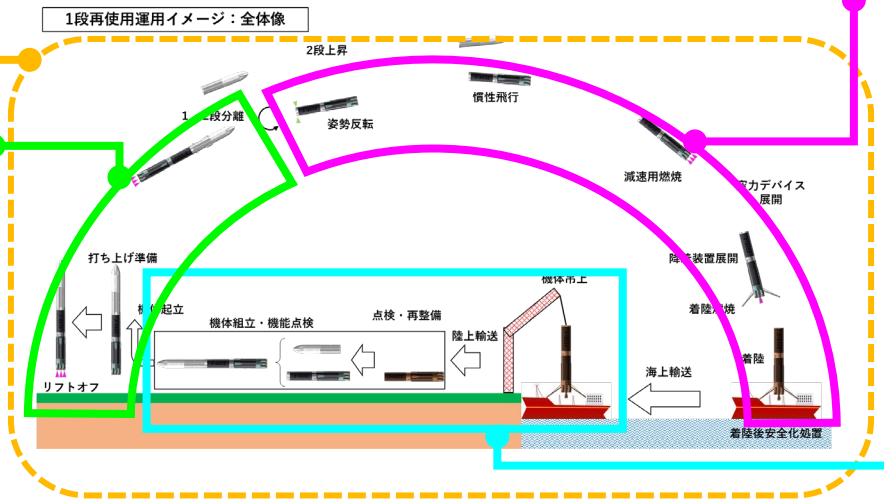
■ これらの新技術は将来考えられる輸送システム（使切型・再使用型・有人輸送）に広く有効であることから、主に新技術の基盤的かつ技術難度の高い技術に関して研究に取り組み、技術成熟度を向上させることによって開発リスクを軽減し、将来の国内宇宙輸送システム開発における新技術導入の促進をはかっている。

次世代宇宙輸送システム技術
国際的な宇宙輸送市場の動向に対応するためのシステム等に関する基盤技術研究
- 衛星搭載方式の多様化に係る技術
- 機体を再使用化するロケットのシステム（高信頼性含む）に関する研究
- メタン推進剤を採用する機体の保安距離（爆発威力）の研究
- 有人宇宙輸送システムの要素技術に関する検討　等

技術活用可能なシステム
使切型、再使用型、有人

高性能・軽量化・低コスト化技術
国際的なロケット推進系の高性能化、帰還用燃料や着陸脚等の追加装備による構造効率低下を抑制するための基盤技術研究
- 大型低コストタンク技術（複合素材成型技術、3D積層技術）
- 大型大推力エンジン技術（メタンや水素）
- ロケット/ジェット複合エンジン技術　等

技術活用可能なシステム
使切型、再使用型、有人



1段機体を再使用する場合の運用の例と主な基盤技術研究の関連

高高度からの帰還技術
国内事例として少ない極超音速での帰還飛行、回収船等への定点着陸の実現に向けた基盤技術研究
- 帰還時誘導飛行制御技術（アビオニクス技術等）
- 着陸機構や洋上回収技術
- 再使用ロケット自律飛行安全技術
- 極超音速（再突入）空力特性の予測・検証技術　等

技術活用可能なシステム
再使用型、有人

技術活用可能なシステム
使切型、再使用型

再整備効率化技術
機体回収後の再整備期間及び費用を低減するための地上系の基盤技術研究
- 機体点検・整備技術
- ヘルスモニタ技術注　等

（注）機体の健全性の確認や故障の予兆の検知等に関する技術

機体の再使用化に関する基盤技術研究の例

■ ロケット機体の一部を再使用化する場合の課題と研究事項の例

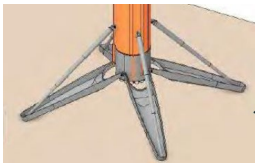
◆ 打上げの高頻度化やライフサイクルコストの低減に対し、機体の再使用化は有効な手段であるものの、技術難易度が高い新しい技術が多数含まれる。

- 使切型ロケットに比べて開発リスクが大きいことから、開発着手に向けた取り組みとして技術成熟度(TRL)の向上に向けたフロントローディング研究を推進するとともに、一部の事項については開発リスクを低減したうえで民間企業主体の技術開発を促すなど結節点の役割も果たしている。
- なお、我が国では、機体の再使用に必要な技術の獲得を目指し、我が国単独での実験機(RV-X)や、同様に1段再使用技術開発に国として取り組む仏・独と国際共同開発中の実験機(CALLLISTO)によるシステムレベルの技術検証活動も実施中。

高高度からの帰還技術

ロケットの打上げ飛行時において、高い高度(おおよそ100km)で分離した1段機体を所定の場所へ着陸させ、機体を回収する技術

・帰還時誘導飛行制御技術
・着陸機構技術
・洋上回収技術※1



着陸機構の例



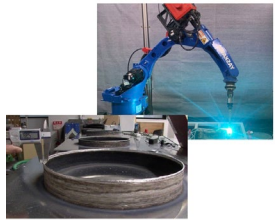
洋上回収の例
(Space-Xの例※2)

※2引用:http://tokyoexpress.info/wp-content/uploads/2016/04/d8ca484b6f2350cba6e1fd72b6302d13.jpg

高性能・軽量化・低コスト化技術

帰還用燃料や着陸脚等の追加により機体が使切型より大きくなり運用性が悪くなることを回避するため、機体の小型化に資する技術

・複合素材成形技術※1
・3D積層技術※1
・メタンや水素エンジン技術



大型3D積層の例



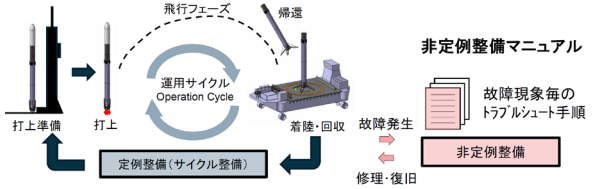
エンジン検討の例

※1:技術の一部が宇宙戦略基金研究テーマとなっている事項(参考)

再整備効率化技術

回収後の機体再整備期間及び費用を低減するために長寿命化等による点検項目・回数の低減や作業の効率化に資する技術

・回収した機体の点検・整備技術
・長寿命液体エンジン技術
・ヘルスモニタ技術※3



点検・再整備に関する検討の例

※3:機体の健全性の確認や故障の予兆の検知等に関する技術

システムレベルの再使用化技術検証（段階的飛行実験）

■ JAXAでは、再使用型輸送システムに共通的に必要となる技術のうち、システムレベルのキー技術について、2段階の飛行実験（RV-X、CALLISTO）により、データ蓄積と技術成熟度の向上を目指すとともに、再使用による経済的な効果を評価する計画を進めている。

■ 「革新的将来輸送システムロードマップ」では、RV-X/CALLISTOは次世代宇宙輸送システムの実現に向け、低コスト化実現の重要な技術開発と位置付けられている。

先行としてRV-Xを実施し、地上燃焼試験などで取得したデータをCALLISTOの設計に反映し、技術的リスクを低減

RV-X（飛行実験フェーズ1）

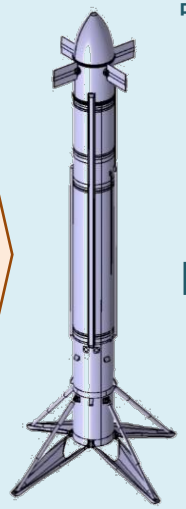


計画概要
- 2026年度に飛行試験を実施
- 日本単独の研究として、能代ロケット実験場で実施

目的
- 再使用エンジン技術（液体酸素/液体水素）の熟成や着陸段階での誘導制御技術に関する基礎データの取得等

諸元
- 全長約7.3m、直径約1.8m、質量約3.1トン

CALLISTO（飛行実験フェーズ2）



計画概要
- 南米ギアナ宇宙センターで実施
- 仏CNES、独DLRの3機関共同で実施し、早期かつ効率的に技術獲得
- RV-Xと同型のエンジン1基を搭載

目的
- 大気上層・超音速域まで飛行範囲を広げ、キー技術の実証および再使用化の経済性に関するデータを蓄積

諸元
- 全長約13.5m、直径約1.1m、全備質量約4.2トン

【略語】RV-X : Reusable Vehicle eXperiment
CALLISTO: Cooperative Action Leading to Launcher Innovation for Stage Toss-back Operation

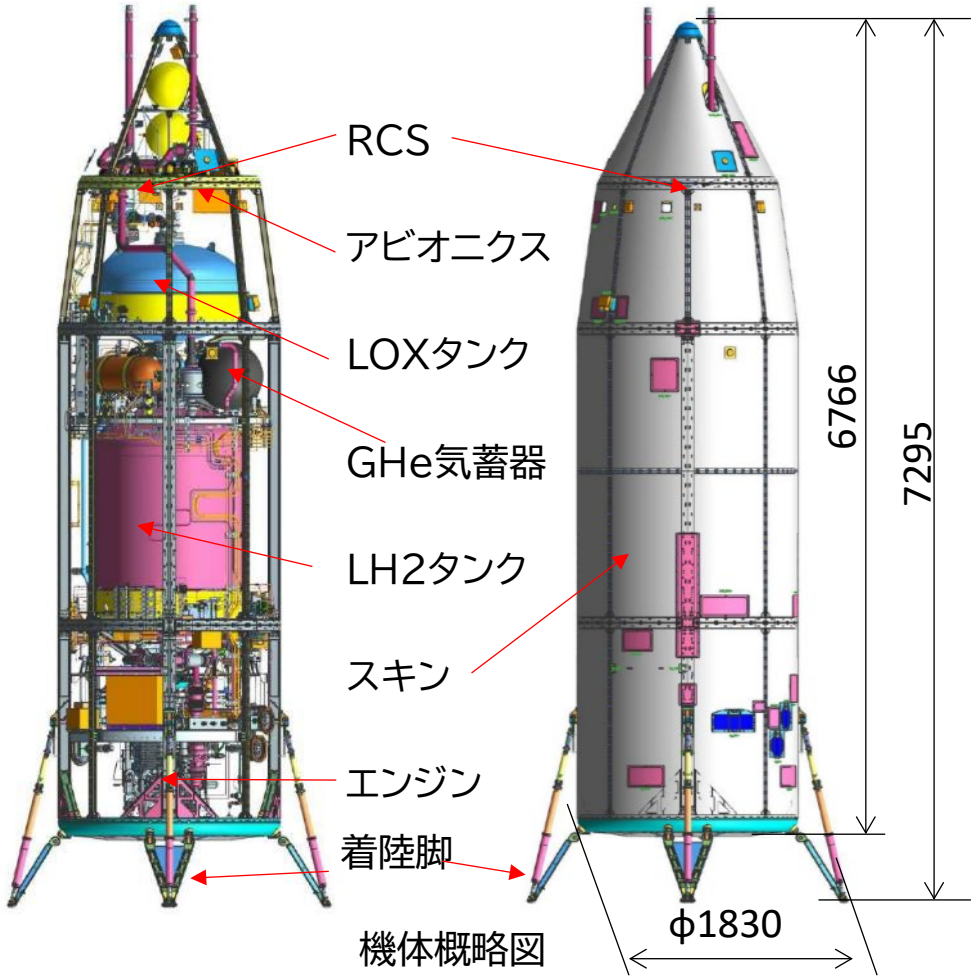
再使用ロケット実験機(RV-X)概要(機体システム)

- 水素はロケットエンジン用の燃料として燃費(比推力)が良く打上げ時の機体を軽量化できる長所を有するが、沸点が低く、かつ漏洩性や着火性が高いなどの特徴があり、取り扱いに高度な技術を要する。
- RV-Xでは、燃料の例として取り扱い性が難しい水素を採用し、メタン等の多様な燃料候補が考えられる今後のロケットに幅広く活用可能な、高い安全性を確保しつつ機体を再使用・運用する技術の獲得を目指した。

機体主要諸元

全高	7,295 mm	
胴長	6,766 mm	脚含まず
胴径	1,830 mm	
乾燥重量	2283 Kg	
全備重量	3138 kg	液位95%
推進薬	672 L LOX 1892 L LH2	728 kg@95% 127 kg@95%
エンジン	エキスパンダーブリード	1基
エンジン推力	16~40 kN	40~100%
姿勢制御	エンジンジンバル	ピッチ・ヨー 5 degサークル
	GN2ガスジェット	ロール 2基×2セット
着陸	摩擦ダンパ式着陸脚	4基

LOX:液体酸素、LH2:液体水素、GN2:窒素ガス、GHe:ヘリウムガス、
RCS:姿勢制御装置(Reaction Control System)



機体概略図

RV-X飛行試験結果概要

- 飛行試験前の総合試験として、機体を用いて燃料注排液を行う地上試験(GTV)や地上燃焼試験(CFT)を行い、運用手順の検証、必要作業工数データの取得、推進系システムの技術実証等の成果を得た。天候等で延期された3回の飛行試験ではリサイクルに関する運用手順の検証等の追加の技術データの蓄積が得られた。
- 2026年7月11日(土)6時14分55秒、RV-Xは正常に飛行し、無事に離着陸を完了した。飛行試験結果概要を以下に示す。

RV-X 飛行試験結果概要

離陸時刻 (24時間表記)	飛行時間 (計画値)	最高到達高度 (計画値)	水平移動距離 (計画値)
6時14分55秒	39.7秒 (約40秒)	10.6m (10m程度)	15.8m (15m程度)

着陸点誤差は、経度方向-0.91m(-0.54σ)、緯度方向-0.6m(-0.36σ)

飛行試験時天候状況:曇り、南東の風1.3m/秒、気温23℃

- 機体着陸後30分以内で人員が機体に接近して後処置作業を行う短時間アクセスを世界で初めて安全に遂行した(Space-X含め、他の諸外国のロケットでの実績なし)。
- 同一ロケットエンジンでの166回目のエンジン着火を実現した(公表されているデータでは世界一の着火回数実績)。

RV-X飛行試験の様子

■ 機体の動作は正常で姿勢も安定しており、計画どおりに飛翔した。

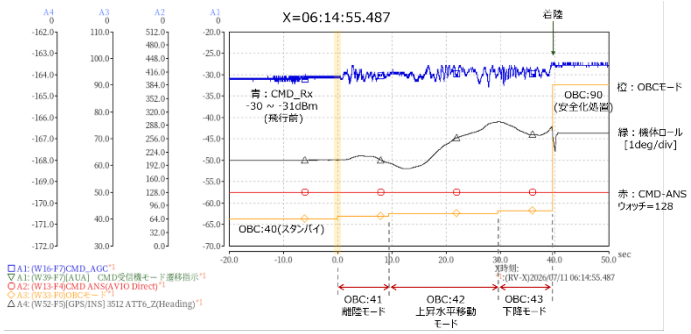


RV-X飛行試験に関する主な評価結果(1／2)

飛行試験では計画どおりの動作が得られた。

■ アビオニクス　【良好】

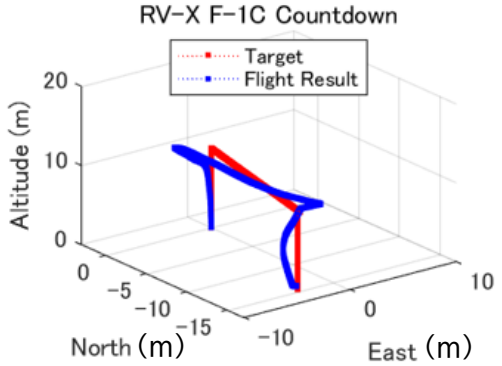
- ✓ 全搭載機器について異常はなく、正常動作
- ✓ 電波干渉を受けやすい着陸点近傍の低高度においても、フライト中の機体と設備間の送受信に欠損等の異常は無く、正常に機能



機体内制御信号の時刻歴の例

■ 誘導制御　【良好】

- ✓ 計画どおりの上昇・水平移動・下降、及び飛行時間
- ✓ 上昇中は、重心位置予測誤差や風等の影響により、約2mの位置偏差が生じたものの、飛行シーケンス全体は安定した誘導制御機能によって想定誤差範囲内で定点着陸に成功



飛行経路の計画と実績

- ➢ 経度方向誤差:-0.84m
  （3σ誤差解析では、±5m以下）
- ➢ 緯度方向誤差:-0.59m
  （3σ誤差解析では、±5m以下）

RV-X飛行試験に関する主な評価結果(2／2)

■ 機体構造 【良好】

- ✓ 着陸脚に使用している摩擦式ダンパーの変位は想定より小さく、機体の着陸衝撃も極めて小さいことなど、着陸機構は正常に機能した。
- ✓ 耐熱材の焼損は想定範囲で正常であり、耐熱材の点検・再整備に係る知見を獲得した。

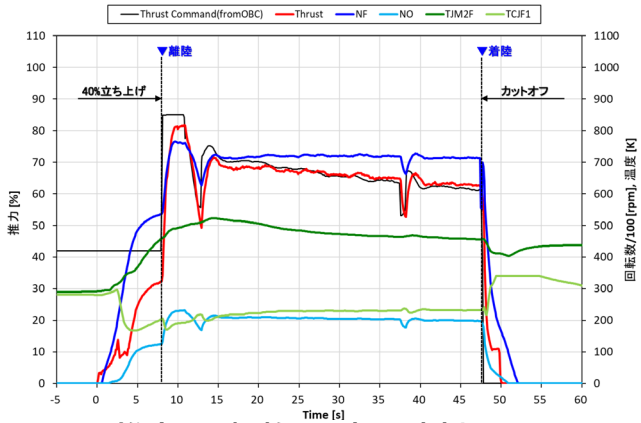
位相	摩擦式ダンパー縮み量
45°	5mm
135°	11mm
225°	0mm
315°	0mm



耐熱材の焼損確認の様子

■ エンジン・推進 【良好】

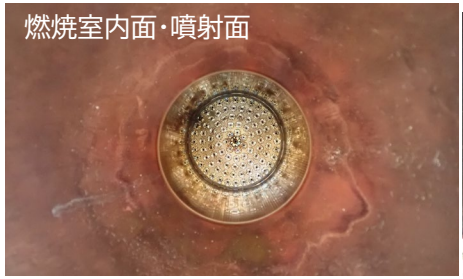
- ✓ 累積着火回数166回、累積燃焼時間4770秒の燃焼室を有するエンジンは、推進薬消費量、エンジン過渡/定常作動ともに、地上燃焼試験実績と同等であり、長寿命エンジン技術を実証した。
- ✓ エンジンのノズル出口付近に着地点のコンクリートの破片飛散による軽微な傷が確認されたが、点検・整備の結果、再使用性に問題ないと評価できた。

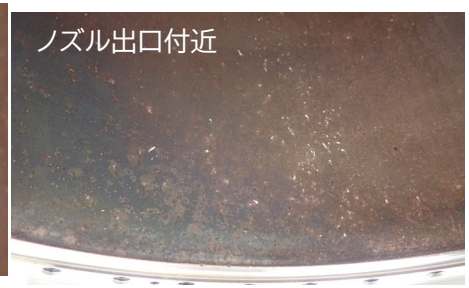


推力・回転数・温度の時刻履歴

■ 機体と設備をつなぐ装置(QD) 【良好】

- ✓ 全てのQD(QuickDisconnect)はアンビリカル離脱シーケンスにより正常に分離・離脱・退避した。
- ✓ 着陸後に機体に接近してアンビリカルを再接続する整備作業を短時間かつ正常に実施した。





飛行試験直後のエンジンの様子

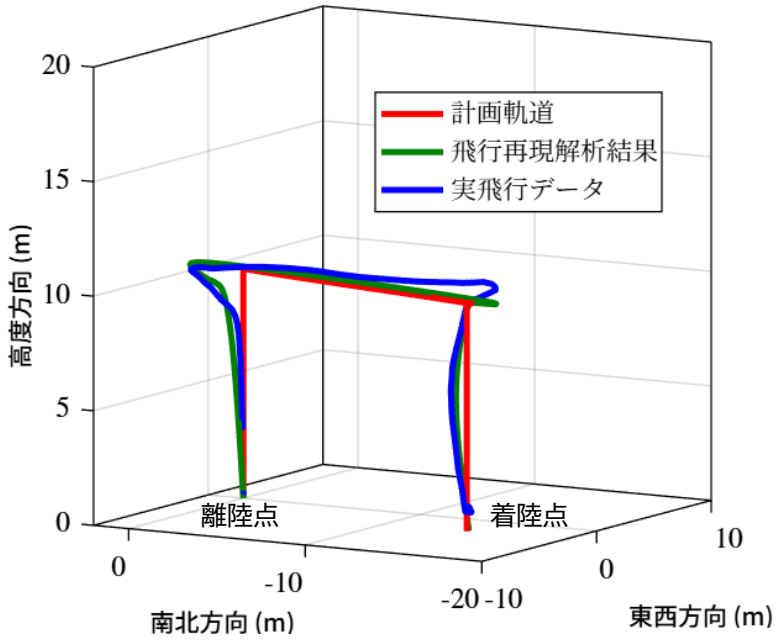
研究実績と飛行試験結果

■ 飛行試験に至るまでの主な研究実績

- ✓ 再使用可能なRV-Xの機体開発にあたり、誘導制御機器、エンジン、着陸脚などのコンポーネント毎に研究開発を行い、要素レベルでの技術検証を行った。
- ✓ コンポーネントを組み合わせてRV-X機体システムを構築し、搭載ハードウェアを用いた閉ループ系全体の誘導制御システムの技術検証や、地上燃焼試験による推進系システムの技術検証等を行った。
- ✓ さらに、機体を用いて離着陸を除く運用（機体移動、推進剤充填、燃焼、推進剤排出、機体移動、試験間点検）を複数回実施し、機体の再使用運用に関する技術蓄積を行った。

■ 飛行試験結果（総括）

- ✓ 飛行試験では前ページまでに示すように必要なデータは取得できており、機体の作動結果や運用結果も正常であった。
- ✓ 特に飛行条件（重心位置、風向、風速）にフライト時の値を用いた再解析の結果、右図のとおり、飛行経路を再現できており、機体の飛行をシミュレーションするソフトを検証できた。
- ✓ 蓄積された地上試験による研究実績と飛行試験の結果から十分な研究成果が得られており、複数回の飛行試験による技術検証は不要と判断し、飛行試験シリーズを終了した。

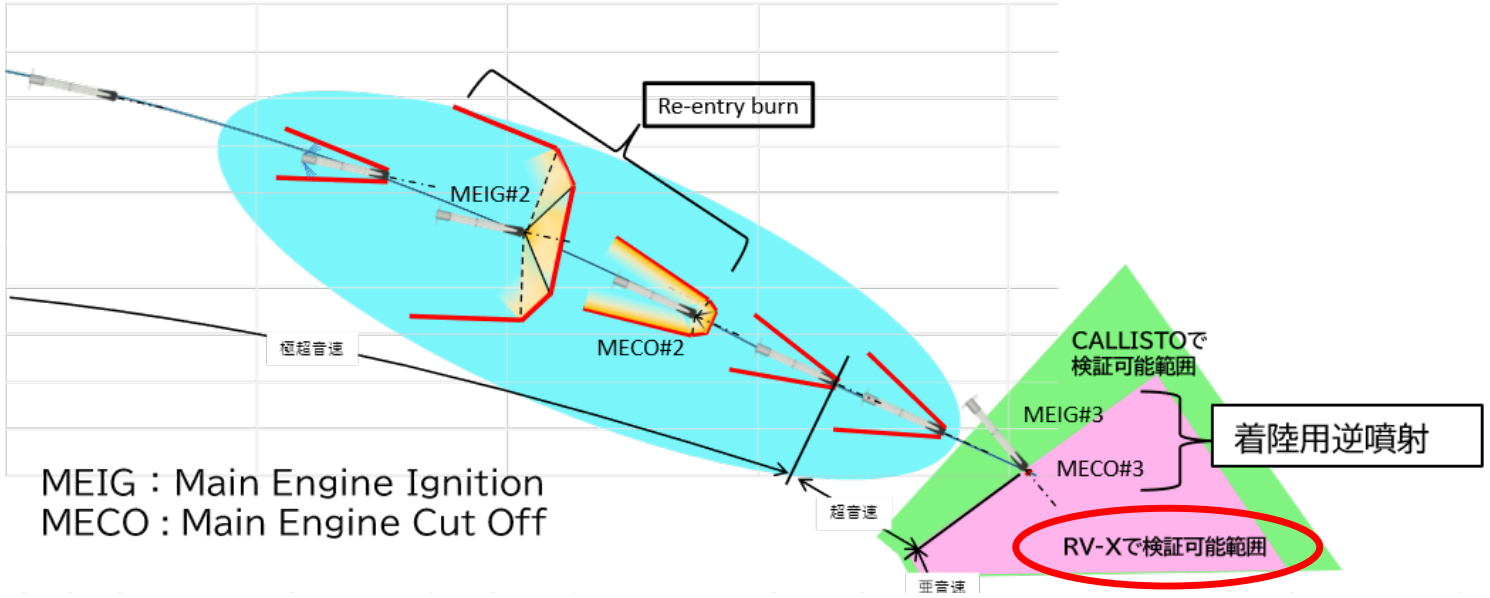


実飛行データと再現解析結果の比較

RV-Xを通した研究活動の成果及び活用

■ RV-Xでは、複数の地上試験における技術蓄積と飛行試験における技術検証等によって低高度領域における離着陸実証等、機体を再使用する基盤技術（下図参照）の一部を獲得した。その成果はCALLISTOを含む今後の研究開発に活用する。

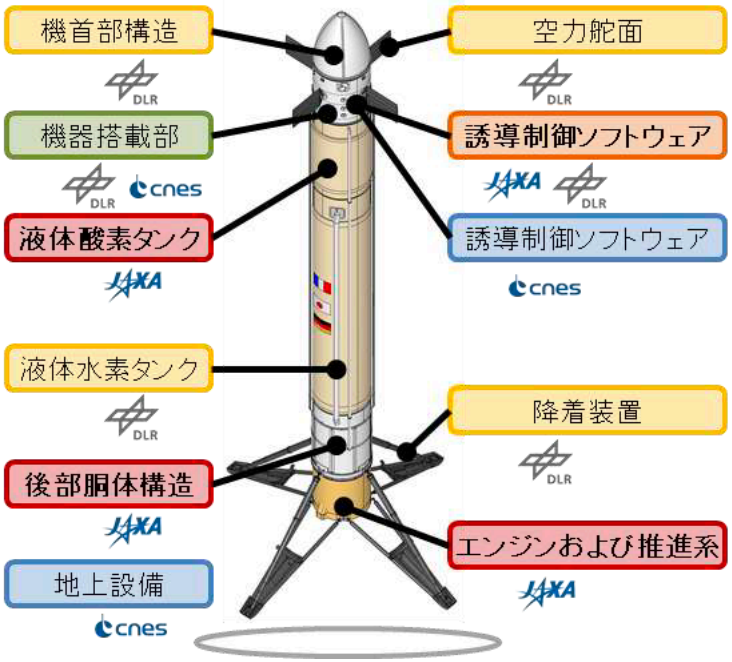
■ また、既に複数の民間事業者等からRV-Xの成果について問い合わせが寄せられており、今後、民間事業者等との共同研究や技術供与等を通じて、事業化を支援する。



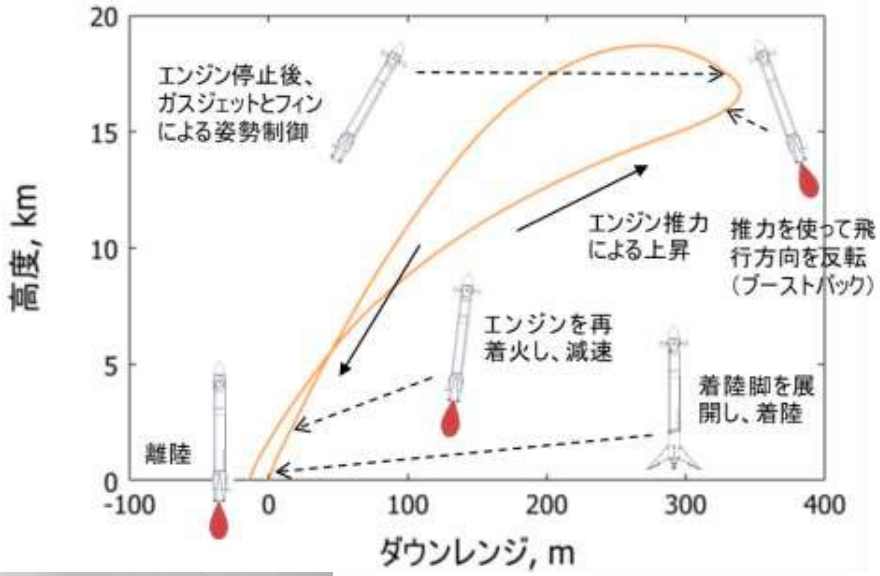
高高度からの帰還の概念の例と飛行実証（RV-X、CALLISTO）との関係

次フェーズのシステム検証 CALLISTO

- 仏CNESと独DLRとの3機関共同で開発中。RV-Xと同型のエンジンをJAXAより提供する。
- CNESが管理する南米ギアナ宇宙センターで飛行試験を行うことで、CALLISTOは、高度15km程度、マッハ1近傍までの広い範囲を飛行することができ、技術検証において意義の高いデータを取得できる。
- エンジン側から降下するときの環境条件など再使用型ロケット特有の課題に対して十分なロバスト性を確保するために、慎重に設計・製造・試験等を進めてきた。



3機関の主な分担





CALLISTOの飛行プロファイルの例

RV-Xの「離着陸に焦点を当てた飛行」から「より実用的な飛行」に発展

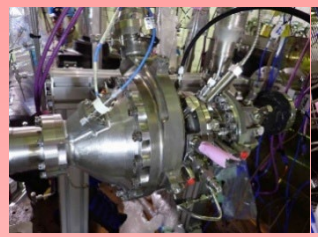
CALLISTOの開発状況

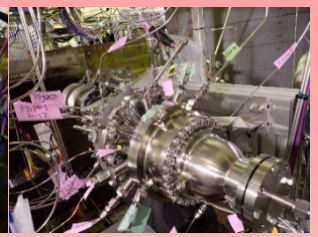
■ 各機関において、担当する部位や搭載機器の検証試験やフライトモデル(FM)の製造を進めている。

上左:筑波宇宙センターに納入された
液体酸素タンク(FM)
上右:開発モデルを用いた強度試験

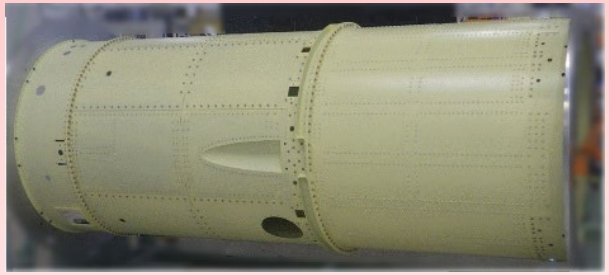






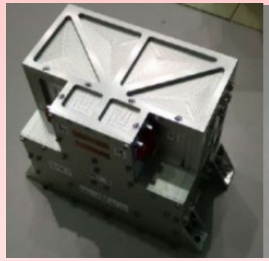


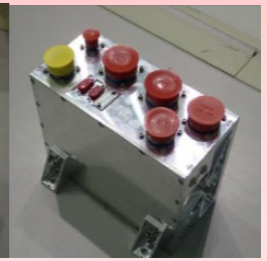
エンジンターボポンプ(FM)単体試験
左:液体酸素ターボポンプ
右:液体水素ターボポンプ



下:強度試験に向けて組み上がった後部胴体構造
(開発モデル)。FMの組立も進行中

JAXA





機器搭載部への搭載のため、欧州に輸出
したバッテリ(左)と電力分配器(右)
(いずれもFM)



降着装置の
認定試験



機首部構造
のFM

DLR



地上設備整備
(ダミー機体によるハンドリング確認)

CNES

CALLISTOの開発状況

飛行試験実施時期の見直しについて

- 再使用ロケット特有の課題への対応により、開発遅延が生じており、現在、3機関で全体開発計画の見直しを実施中。
  - ✓ 開発の過程で、機体の主要構造を構成するサブシステムの一部について、再使用環境に対する設計余裕の再確認が必要となった。
  - ✓ 当該サブシステムは機体全体の設計条件やインタフェース条件と密接に関連しているため、その確認結果を反映した追加設計、解析及び試験を実施した。
  - ✓ これに伴い、関連部材の調達及び製造工程にも影響が生じている。
- 上記の設計変更作業や調達に期間を要することから、3機関での協議の結果、2026年度末から2027年度に予定していた飛行試験については、2028年度当初へ見直す方向として、現在、それぞれの国内において関係機関等との最終調整を実施中。
- 飛行試験時期の見直しとなった場合であっても、他国や民間による再使用ロケット開発の進展状況等を踏まえれば、再使用ロケットに係る基盤技術の獲得は依然として重要な課題であり、CALLISTOの実施意義は維持されているとの認識で3機関は一致しており、引き続き飛行試験に向け連携して取り組んでいく所存。

研究開発成果の活用先と今後の主な取組

■ 飛行実証（RV-XやCALLISTO）で得られる知見の共有と蓄積を図りつつ、より高高度からの帰還・着陸技術を実証するシステムレベルの基盤技術研究を推進するとともに、再使用化を軸とした機体の実用化の判断に必要な技術の見通し、ライフサイクルコストの低減や高頻度打上げへの有効性等を評価していく。

■ さらに、得られた知見を国内企業等と共有し、民間主導の宇宙輸送システムとの連携を推進する。

2025年 → 2030年代

将来宇宙輸送システム研究開発プログラム

- 再使用化等に関する基礎的な基盤技術研究
- 技術検証目的の基盤技術研究
- 応用研究（TBD）
- 再使用化を軸とした輸送能力（打上げ能力・打上げ頻度）の更なる向上や低コスト化に関する基礎研究
  民間主導の新たな宇宙輸送システムとの連携と基礎研究
- 知見共有と蓄積

再使用に関するシステム実験機による研究

- 小型実験機（RV-X）
- ▼飛行試験
- 1段再使用飛行実験（CALLISTO）
- ▼飛行試験

			RV-X	CALLISTO	今後必要
次世代宇宙輸送システム技術	システム	再使用機体設計	△（部分）	△（部分）	○（大規模）
		環境条件予測	○（小規模）	○（中規模）	○（大規模）
高性能・軽量化・低コスト化技術	推進系	高性能化	×	×	○
		再使用化	○	←	←
	構造系	軽量化	×	×	○
高高度からの帰還技術	誘導飛行制御系	着陸（低高度）	○	←	←
		中速帰還飛行（中高度）	×	○	←
		高速帰還飛行（高高度）	×	×	○
	構造系	空力フィン	×	○（小規模）	○（大規模）
		着陸機構	○（小規模）	○（小規模）	○（大規模）
		熱防護システム	○（部分的）	○（広範囲・中性能）	○（広範囲・高性能）
	地上系	洋上回収技術	×	×	○
再整備効率化技術	地上系	点検・整備効率化技術	○（小規模）	←	○（大規模）
		安全接近技術	○（人員接近の知見）	○（ロボットの知見）	←

再使用化を軸とした機体の開発（機体再使用化の技術見通しや有効性等が確認できた場合）

- ▼再使用化を軸とした機体の実用化の判断
- 機体システムと必要な技術実証の検討
- システムの技術実証【技術実証機】（TBD）
- 再使用化を軸とした機体開発（TBD）