

進化を続ける H3 ロケット 世界で選ばれる打上げ輸送サービスの実現に向けて

The Continuous Evolution of H3 Rocket, for a Globally Preferred Launch Service



志村 康治^{*1}
Koji Shimura

北山 治^{*2}
Osamu Kitayama

佐藤 晃浩^{*3}
Akihiro Sato

田内 宏明^{*4}
Hiroaki Tanouchi

今井 源太^{*5}
Genta Imai

H3 ロケットは H-IIA/H-IIB に替わる我が国の基幹ロケットとして開発を進めてきた。2023 年 3 月に打ち上げられた初号機は第 2 段エンジン不着火により失敗したが、原因究明及び必要な対策を施した上で、2 号機から 5 号機まで打上げ成功を続けている。2025 年 9 月時点、1 段メインエンジン基数や固体ロケットブースタ本数の異なる新形態の初打上げに向けた最終準備を続けている。さらに衛星顧客に対する価値を向上させ、世界で選ばれる打上げ輸送サービス手段とするべく、H3 ロケットを段階的にアップグレードする計画を進めている。

1. はじめに

H3 ロケットは H-IIA/H-IIB に替わる我が国の基幹ロケットとして、2014 年に開発が開始された。三菱重工業株式会社は、プライムコントラクタとして機体開発を取り纏めると共に、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) と共にエンジンシステムの開発を進めてきた。

2020 年 5 月に LE-9 エンジン認定燃焼試験で生じた 2 つの不適合に対する対策反映に時間を要したため、初号機の打上げは当初計画の 2021 年から、2023 年に延期された。2022 年 11 月の 1 段実機型タンクステージ燃焼試験 (CFT) を経て、試験機 1 号機 (TF1) は 2023 年 3 月に打上げられたが、第 2 段エンジン不着火により打上げは失敗した。その後、原因究明及び対策反映を行い、2024 年 3 月に試験機 2 号機 (TF2) の打上げに成功した (Return to Flight)。その後、5 号機まで 4 機連続で打上げ成功を続けている。現在は、新形態 (詳細は次章に示す) の打上げに向けた最終準備を進めている。

一方で H3 ロケット開発当初から世界の動向は大きく変貌しており、現在は、SpaceX 社の Falcon9 ロケットが打上げ回数及び打上げ費用で大きく他社をリードしている状況である。我が国の基幹ロケットとして、また事業としても自立性を確保し続けるためには、政府ミッションを確実に打上げると共に、安定的に商業衛星の受注を獲得することが求められている。今後、世界で選ばれる打上げ輸送サービス手段となることを目指し、H3 ロケットを短期間で段階的にアップグレードすることにより、継続して顧客価値の向上を図り、新規顧客 (商業受注) を獲得していくことを狙っている。

本報では、H3 ロケットの開発状況を報告すると共に、今後の H3 ロケット高度化プログラム (段階的アップグレード) の計画について概説する。

*1 防衛・宇宙セグメント 宇宙事業部 副事業部長

*2 防衛・宇宙セグメント 宇宙事業部 技術部 主席技師

*3 防衛・宇宙セグメント 宇宙事業部 技術部 次長

*4 防衛・宇宙セグメント 宇宙事業部 技術部 課長

*5 防衛・宇宙セグメント 宇宙事業部 技術部 主席チーム統括

2. H3 ロケット概要

H3 ロケットの機体形態を図1に示す。H3 ロケットは幅広い顧客ニーズにシームレスに対応するため、固体ロケットブースタ本数と、1 段メインエンジン基数を選択できる仕様とした。これにより、静止軌道(静止化増速量 $\Delta V=1500\text{m/sec}$ の条件)への打上げ能力として約2〜7ton に対応可能である。機体形態は H3-abc で表し、a:1 段メインエンジン基数(2 基, または 3 基), b: 固体ロケットブースタ本数(0, 2, または 4 本), c:フェアリングサイズ(W:Wide, L:Long, または S:Short)を示す。W のフェアリングは L と同等の全長約 16.4m で、直径を 5.2m から 5.4m に拡大し、大型ペイロードの搭載性を高めたものである。機体最小形態は H3-30S(固体ブースタなし), 固体ブースタ数に応じ H3-22L/H3-24L/H3-24W と、高い打上げ能力を実現する。これにより、官需だけでなく、衛星重量が異なる国内外の商業顧客にも柔軟に対応ができる。

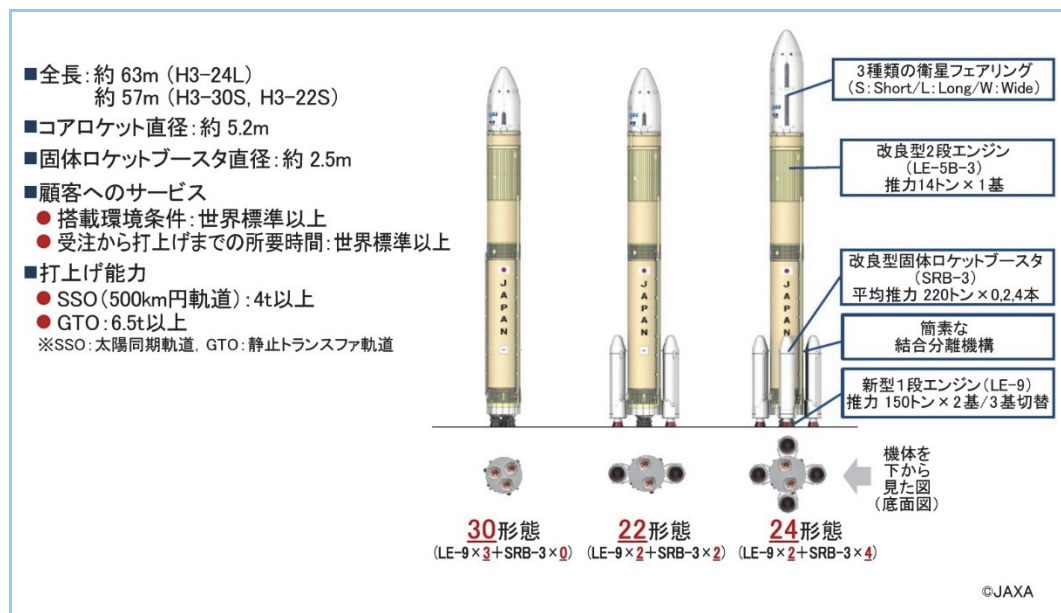


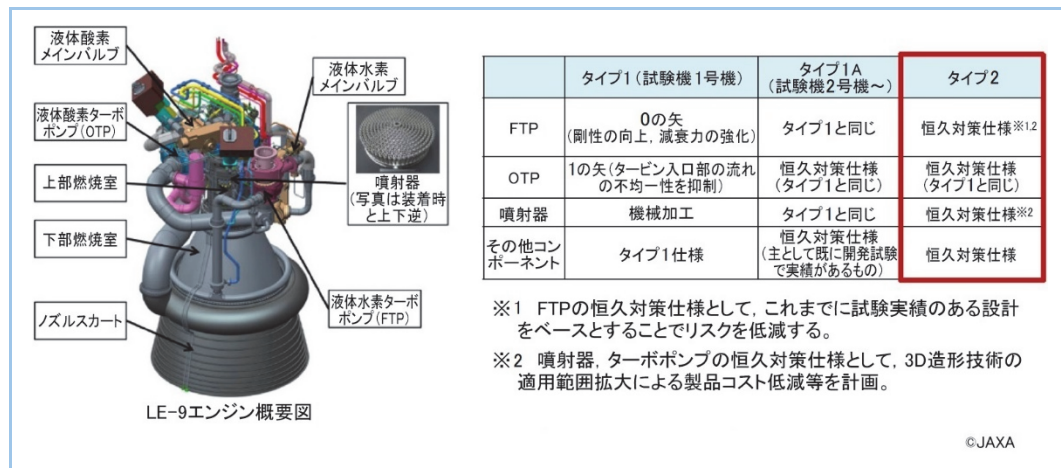
図1 H3 ロケット概要⁽²⁾

3. H3 ロケット開発状況

本章では前報⁽¹⁾からの開発進捗状況を示す。2025 年 9 月時点, H3-22 の開発は TF2 打上げ成功を以て完了しており, H3-30 及び H3-24W の初号機打上げに向けた準備を進めている。

(1) LE-9 開発状況

LE-9 エンジンの主な仕様を図2に示す。2020 年 5 月の認定型燃焼試験にて、燃焼室内壁の開口及び液体水素ターボポンプ(FTP)の疲労問題が発生した。このうち燃焼室内壁の開口は、2021 年 3 月に対応策を確立した。FTP のタービン疲労に関しては、TF1 及び TF2 以降の当面の打上げに対しては、翼剛性、減衰特性の強化により対処する方針とした。また今後の量産号機で用いるタイプ 2 エンジンは、FTP のタービン設計を改良して性能(比推力)の向上とタービン振動の抑制を両立させると共に、3D 造形技術の適用等により、製品コスト低減を計画している。2025 年 9 月時点、タイプ 2 エンジンのフィージビリティ確認試験を良好に完了し、認定型燃焼試験の準備を進めている。

図2 LE-9 エンジン開発状況⁽²⁾

(2) 機体システム開発状況

第1段推進系の機能・性能の確認、及び、機体と設備を組み合わせた打上げまでの一連の運用の検証を目的として、LE-9 タイプ1 エンジン2基を用いて、2022年11月に1段実機型タンクステージ燃焼試験(CFT)を実施した。計画どおり、1段エンジン2基の同時燃焼を25s間実施し、必要なデータ取得を良好に完了した。CFT^{*1)}主要コンフィギュレーションを図3に示す。

*1) CFT (Captive Firing Test): 打上げ当日と同じ手順でロケットを射点に移動して推進薬を充填し、機体を射点に固定した状態で1段エンジンの燃焼試験を実施する試験

図3 試験機1号機 1段実機型タンクステージ燃焼試験⁽³⁾

(3) 試験機1号機打上げ失敗から Return to Flight

CFTで確認された特記事項に対する対策反映を完了させた上で、2023年3月17日にTF1を打上げたが、第2段エンジン不着火により打上げは失敗した。第2段エンジンの着火信号送出の直後、第2段推進系コントローラ(PSC2)が電源異常を検知し、下流機器への電源供給を遮断した。その発生要因として、PSC2の下流機器で過電流が発生したことを特定した。図4に発生事象の詳細を示す。フライトデータと設計結果を元に故障シナリオを抽出し、検証試験等を通じて要因の絞り込みを進め、再現試験等から最終的に3つの故障シナリオに絞り込んだ。検討の網羅性を確認した上で、これら全てに対策を講じた。

＜3つの故障シナリオと対策＞

- ① 下流機器(エキサイタ)内部で軽微な短絡, 着火信号後に完全に短絡
→【対策】エキサイタ内部の電気部品の“絶縁強化”及び“検査強化”
- ② エキサイタへの通電で過電流状態が発生
→【対策】エキサイタ内部のトランジスタの“部品選別”
- ③ PSC2・A系内部で過電流が発生しB系に伝搬
→【対策】PSC2の“定電圧ダイオードの削除”

TF2を2024年2月17日に打上げた。第2段エンジンは正常に着火・作動し、打上げは成功した。TF2の打上げ結果を図5に示す。その後5号機まで(全て22形態:1段メインエンジン2基, 固体ロケットブースタ2本), 打上げ成功を続けている。

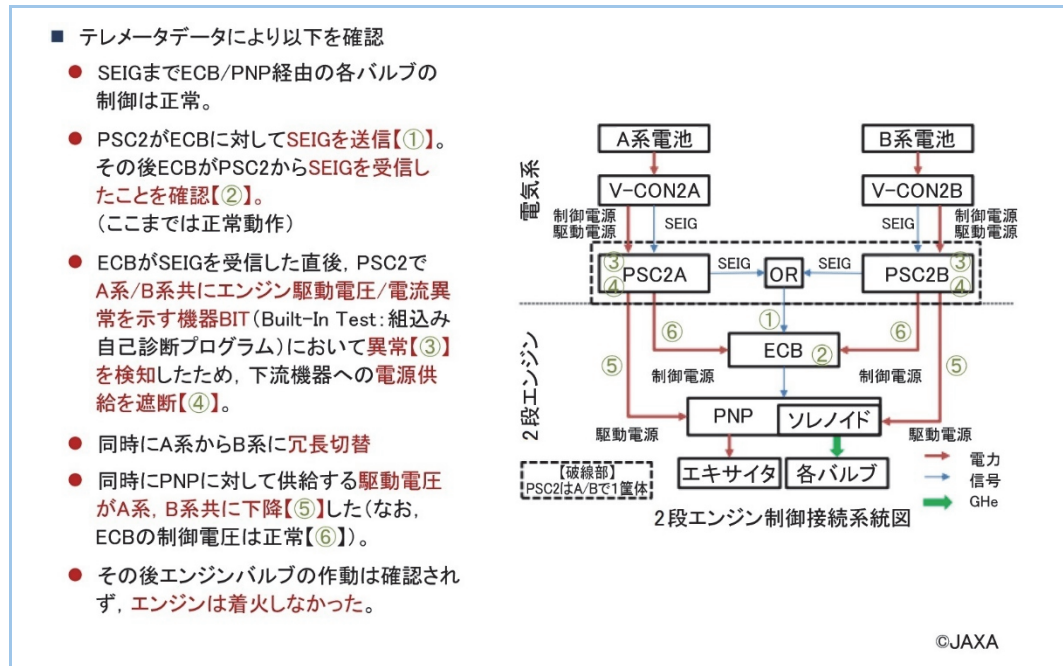


図4 TF1 2段エンジン不着火事象⁽⁴⁾

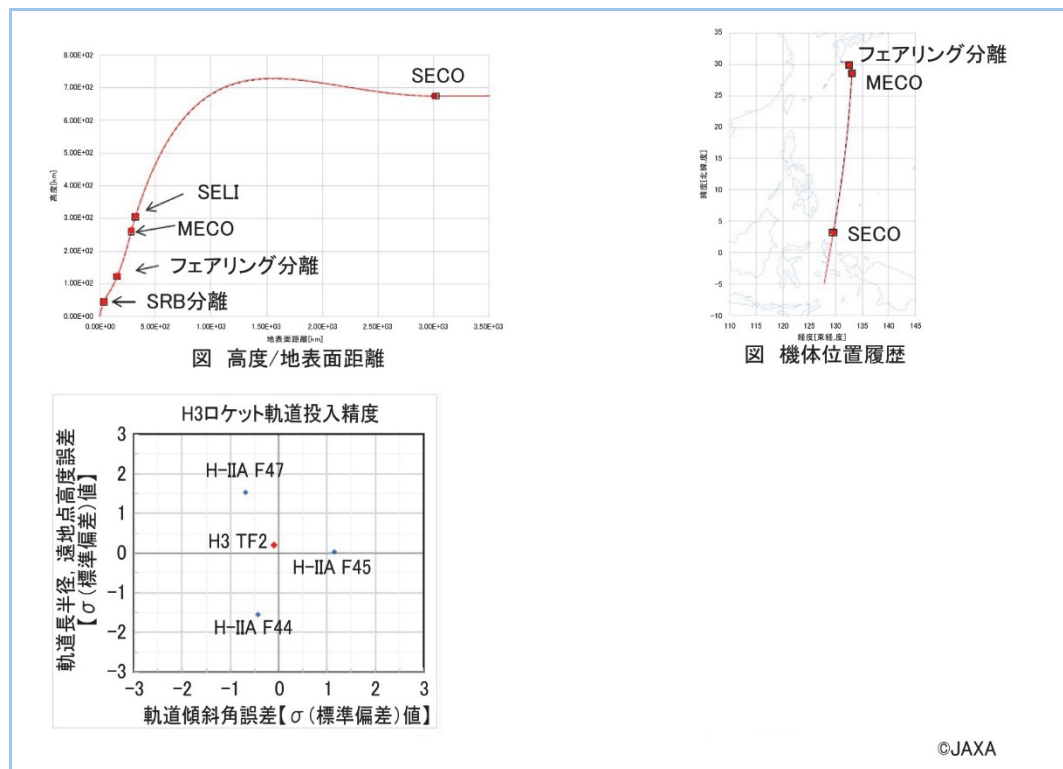


図5 TF2 フライト結果⁽⁶⁾

(4) 今後の開発計画

2025 年 7 月に H3-30 試験機の CFT を実施。計画通り 25s の燃焼を達成し、データ取得を良好に完了した。現在は燃焼試験で得られたデータ評価を進め、必要な処置を進めている。また 2025 年 10 月には、初の H3-24 の打上げを計画しており、2025 年 9 月時点で種子島宇宙センターにて最終組立及び機能確認を実施中である。

4. H3 ロケット高度化開発

H3 ロケットは、我が国の基幹ロケットであり、宇宙輸送システムの自立性を確保する上で不可欠な輸送システムとして、安全保障を中心とする政府のミッションを達成する役割が定義されている。世界の打上げ輸送サービス事業では、SpaceX 社の Falcon9 ロケットが市場を席捲している状況にあり、安定した事業性を保持するためには、政府衛星に加え、国内外の政府・商業需要を取り込めるよう、H3 ロケットの価値・魅力を向上させていく必要がある。

H3 ロケットは打上げ輸送サービス市場では、対応可能な衛星種別の制限、打上げ頻度・スケジュール設定の制約、顧客要望に対する打上げ能力の不足等の課題を抱えている。これらの課題に対して、短サイクルかつ段階的な開発により H3 ロケットをアップグレードさせる(進化を続ける)ことで、変化の激しい顧客要望を段階的に達成する方針を掲げ、H3 ロケット高度化開発プログラムを開始した。

H3 ロケット高度化開発プログラムでは、打上げニーズの変化を踏まえた持続的かつ段階的な開発プロセス(ブロックアップグレード方式)を採用した。市場や競合の動向等の外部環境やニーズへタイムリーに対応するため、開発を短サイクル化し、フロントローディングで開発リスクの低減を図りながら、ミッション要求とシステム定義を更新し、スピード感を持って柔軟なシステム開発を進め、段階的な市場投入を目指す。高度化開発の概要を図 6 に示す。

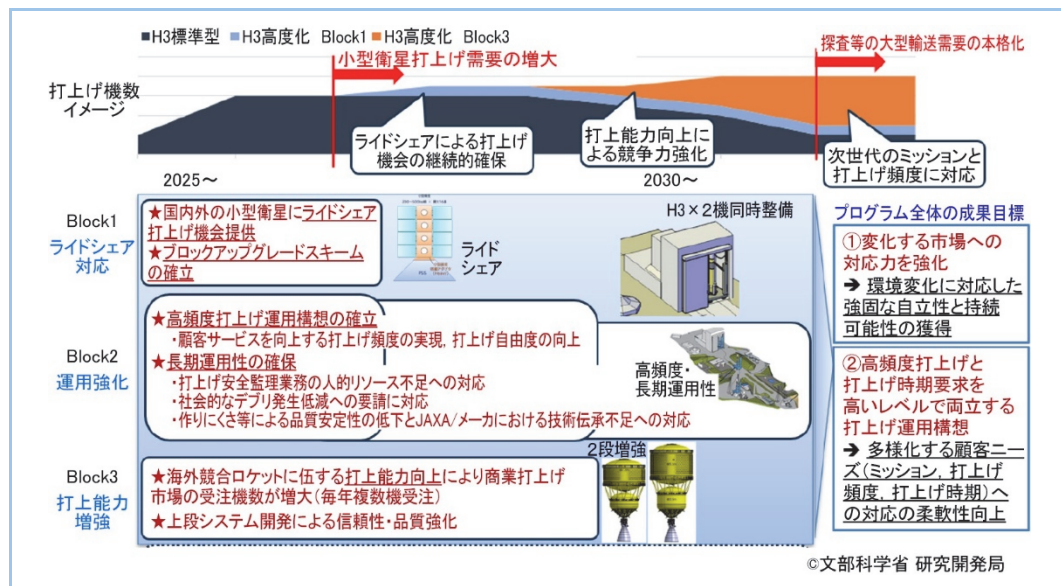


図6 H3 ロケット高度化プログラム開発 概要⁽⁷⁾

(1) ブロック 1: 打上げ対応ミッションの拡大

H3 ロケット開発時に想定していたよりも衛星自体が小型化・多様化しており、多様な小型衛星を低価格で打上げるニーズが顕在化してきている。このニーズの変化に対応が急務なライドシェアミッション(複数の小型衛星の同時打上げ)対応を短期間で実現する。需要が増大している小型衛星について、複数衛星のライドシェアによる打上げ機会を実現し、多様な衛星打上げニーズに対応する。

(2) ブロック 2: 打上げサービスの高度化

打上げ運用課題を継続的に改善し適時反映することで、国際競争力を維持しながら、魅力

あるロケットとして安定した打上げを実現する。オンタイム打上げ率や打上げ自由度の向上等、顧客にとっての利便性の高い打上げ運用と事業性を確保するため、運用改善と環境整備等により、年間 6 機から 8 機以上の打上げ、最短 2 週間間隔での連続打上げを実現し、高頻度打上げ運用を確立する。

(3) ブロック 3: 打上げ能力の向上

競合他社が打上げ能力を向上させており、また打上げ能力の市場ニーズが変化していることに対応するため、第 2 段システムの改良開発(第 2 段の推進薬搭載量の増加及び新型第 2 段エンジンの開発等)を実施することで打上げ能力を向上させる。輸送能力向上でミッションの裾野を広げ、新たなニーズに繋げることで、商業打上げ市場の受注機数を増大する(目標: 毎年複数機受注)。ブロック 3 の概要を図 7 に示す。

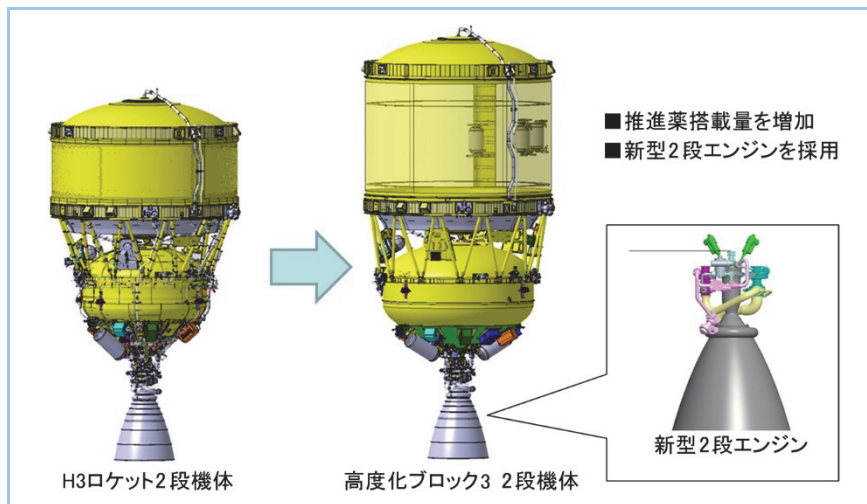


図7 高度化ブロック 3 開発概要

5. まとめ

H3 ロケットの開発状況及び H3 高度化プログラムの開発計画について概説した。H3 ロケットはおおむね開発を完了しており、残す H3-30、H3-24 の初号機に向けた最終的な仕上げをまとめているフェーズである。一方で世界の衛星打上げ市場は SpaceX 社の Falcon9 が打上げ回数、打上げ費用面で席捲している。今後、自立性を有する我が国の基幹ロケットとして、H3 ロケットを確立していくには、政府ミッション衛星だけでなく、安定して、商業衛星の受注を定期的に獲得していくことが必須である。

H3 ロケット高度化プログラムでは、信頼性等の H3 ロケットの強みを生かし、世界で選ばれる打上げ輸送サービス手段となることを目指して、これまでの開発よりも短い期間で 3 段階のブロックアップグレード開発を実施し、H3 ロケットの価値を向上させる計画である。H3 ロケットは苦しい開発期間を経て、ようやく量産フェーズを迎えようとしているが、ここに満足することなく、世界で選ばれる打上げ輸送サービス手段となることを目指し、これからも進化を続けていく。

参考文献

- (1) 三原与周ほか, 基幹ロケット H3 の開発状況と今後の展望, 三菱重工技報, Vol.58 No.4 (2021)
- (2) 有田誠, H3 ロケット 6 号機 (30 形態試験機) 及び 1 段実機型タンクステージ燃焼試験 (CFT) 概要
- (3) 宇宙航空研究開発機構, H3 ロケットの開発状況について, 令和 4 (2022) 年 12 月 20 日
- (4) 宇宙航空研究開発機構, H3 ロケット試験機 1 号機打上げ失敗原因調査状況
- (5) H3 ロケット試験機 1 号機打上げ失敗の原因究明に係る調査・安全小委員会 報告書
- (6) 宇宙航空研究開発機構, H3 ロケット試験機 2 号機の打上げ結果および 3 号機の準備状況について, 令和 6 (2024) 年 4 月 23 日
- (7) 文部科学省研究開発局, 基幹ロケット開発に係る有識者検討会〜H3 ロケット高度化等(中間まとめ)