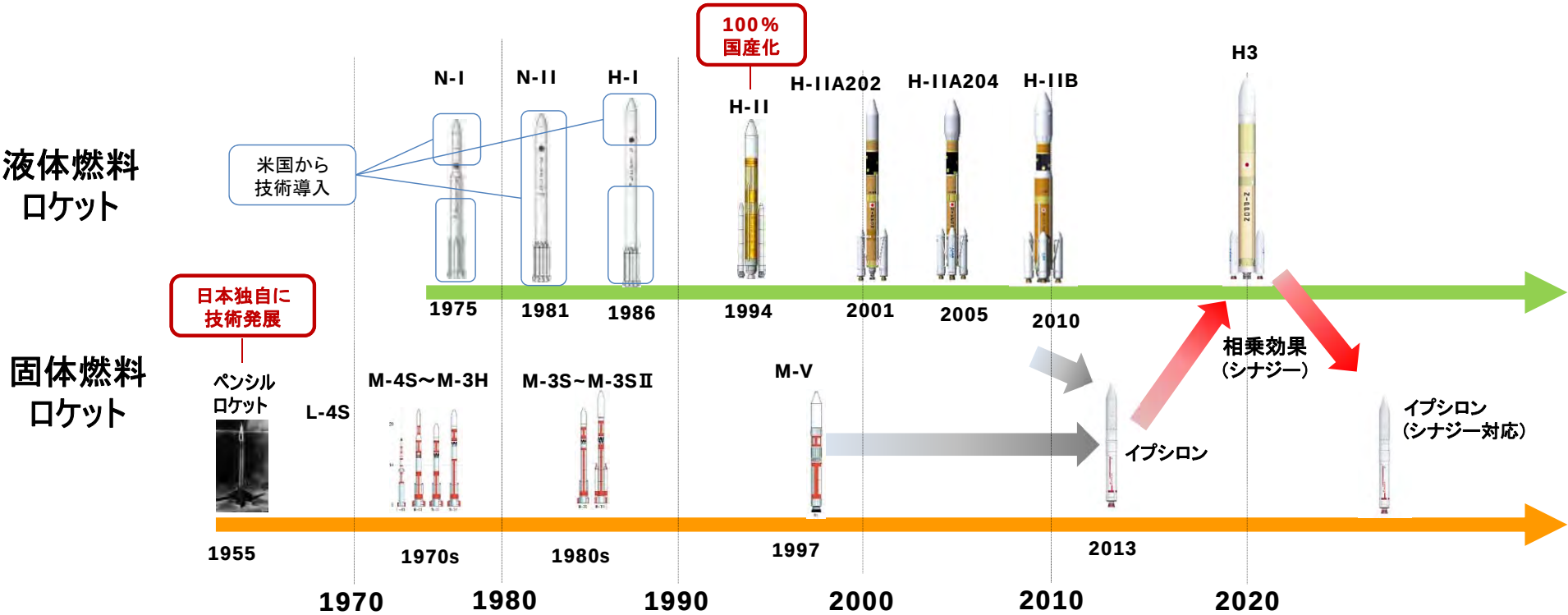


参考資料集

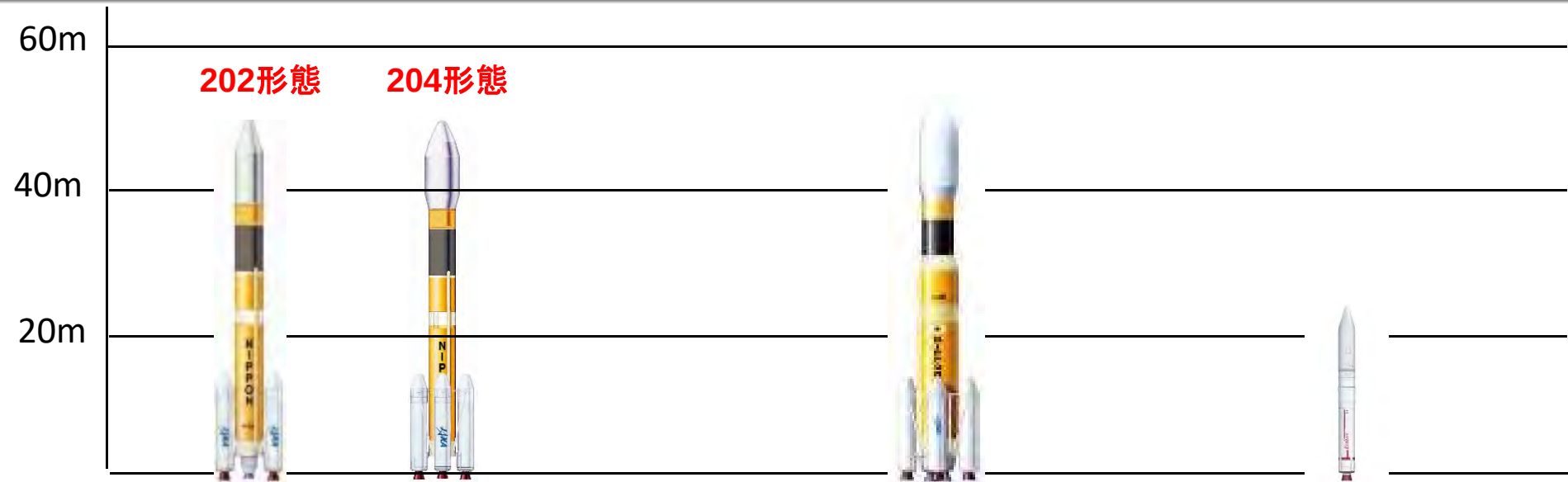
1. 我が国の基幹ロケットに関わる動向
2. 我が国のその他のロケットに関わる動向
3. JAXAにおける宇宙輸送系研究開発の動向
4. 国外における宇宙輸送に関わる主要動向
5. 宇宙利用の拡大及び将来の宇宙ビジネスの可能性
6. JAXAにおける共創体制の枠組み

1. 我が国の基幹ロケットにかかわる動向

- 我が国では、これまで蓄積してきた国産技術によりロケットを開発・製造・運用することにより、宇宙開発利用の根幹である我が国の自立的持続可能な宇宙輸送システムを確保しており、安全保障を中心とする政府衛星や海外の商業衛星、探査機等を打ち上げてきている。
- この宇宙輸送の自立性を維持・拡大するため、液体燃料のH-II A／B ロケット及びそれらの後継のH3ロケット並びに固体燃料のイプシロンロケットを我が国の基幹ロケットとして位置づけ、双方の産業基盤を確実に維持することとし、政府衛星の打上げに当たっては基幹ロケットを優先的に使用して打ち上げる政策とされている(宇宙基本計画)。



1.1 液体ロケット開発経緯 ～H-IIA/Bロケットの概要～



ロケット名	H-IIAロケット			H-IIBロケット	(参考)イプシロンロケット
全長	約53 m			約57m	約26m
推進薬	液体(液体酸素／液体水素)			液体(液体酸素／液体水素)	固体
成功／打上げ	40/41			8/8	4/4
打上成功率	97.5 %			100 %	100 %
打上能力		202	204	GTO※1:8トン HTV軌道: 16.5トン	LEO: 1,200kg以上 SSO: 590kg※4
	GTO	4.00ton※1 2.97ton※2	5.95ton※1 4.82ton※2		
	SSO	3.30ton※3 5.10ton※4	N/A		

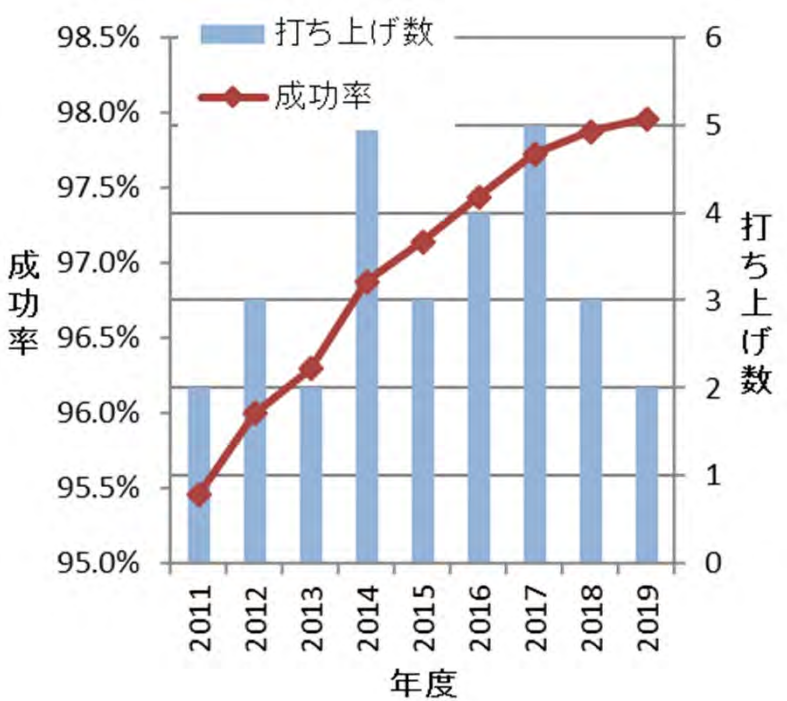
(*1) 静止化増速量: 1,830m/sの場合、(*2) 静止化増速量: 1,500m/sの場合 (*3) 高度800kmの場合 (*4) 高度500kmの場合

1.1 液体ロケット開発経緯 ～H-IIA/Bロケットの概要～

【確実な打上げ実績】

- H-IIA/Bロケットは、世界最高水準の打上げ成功率98.0%とH-IIA民間移管以降のオンタイム打上げ率83.3%(世界最高)により、政府の安全保障衛星を含む多くの衛星を確実に打上げており、**安全保障を中心とする政府のミッションの達成に貢献**している。
- H3ロケットに円滑に移行するまでの間、H-IIAロケットの部分的な改良開発等により、**国際競争力を強化しつつ**、世界最高水準の打上げ成功率とオンタイム打上げ率を維持してきている。また、政府衛星を始めとした**国内外の衛星打上げ計画に確実に対応**していくため、継続的な信頼性向上の取組及び射場設備への老朽化対応を含め、効率的かつ効果的に基盤技術を維持している。

H-IIA/Bロケットの各年度打上げ数と通算成功率



各国ロケット打上げベンチマーク (2019年12月末現在)

各国ロケット	打上げ成功率	オンタイム率
H-IIA/B (日)	98.0% (48/49)	83.3%
デルタ4 (米)	97.5% (39/40)	43.8%
アトラス5 (米)	98.8% (82/83)	65.8%
ファルコン9 (米)	97.6% (80/82)	48.8%
アリアン5 (欧)	96.3% (104/108)	71.6%
プロトンM (露)	89.8% (97/108)	
ゼニット3 (露)	91.3% (42/46)	
長征3 (中)	95.1% (117/123)	

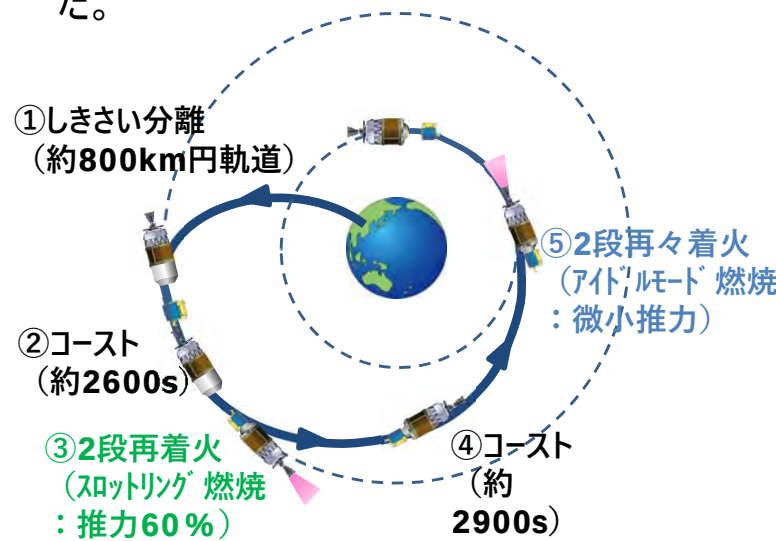
1.1 液体ロケット開発経緯 ～H-IIA/Bロケットの概要～

【継続的な国際競争力の確保】

- H-IIAロケットの運用後約10年が経過した時点で、海外の競合ロケットの台頭や打上げ需要の変化などの新しい流れや、設備の老朽化などの課題に対応するため、H-IIAロケットの部分的な改良開発「基幹ロケット高度化」に着手。
- 宇宙空間の飛行性能の向上等により高緯度に位置する種子島射場の打上能力のハンディキャップを克服し、商業衛星打上げ市場における打上能力需要の対応範囲を約7%から約50%に大幅に拡大(次ページ)。また、低衝撃分離部による世界一衛星に優しい搭載環境を提供可能とした。
- これらにより、H-IIAロケットの本格的な国際的な商業衛星打上げ市場への参入を可能とし、H-IIA_F29商業衛星Telstar(カナダ)打上げ、UAE火星探査機の打上げ、インマルサット6号(英)の打上げを受注に繋がった。
- 更に、この高度化開発の成果を最大限活用し、小規模かつ低コスト開発による相乗り打上げ能力の向上機能を付加し、H-IIAロケット37号機において異なる2軌道への投入ミッションを成功させ、衛星相乗り打上げに対して打上げコスト低減と打上げ機会の有効利用(早期の打上げ機会確保)の両面に貢献した。



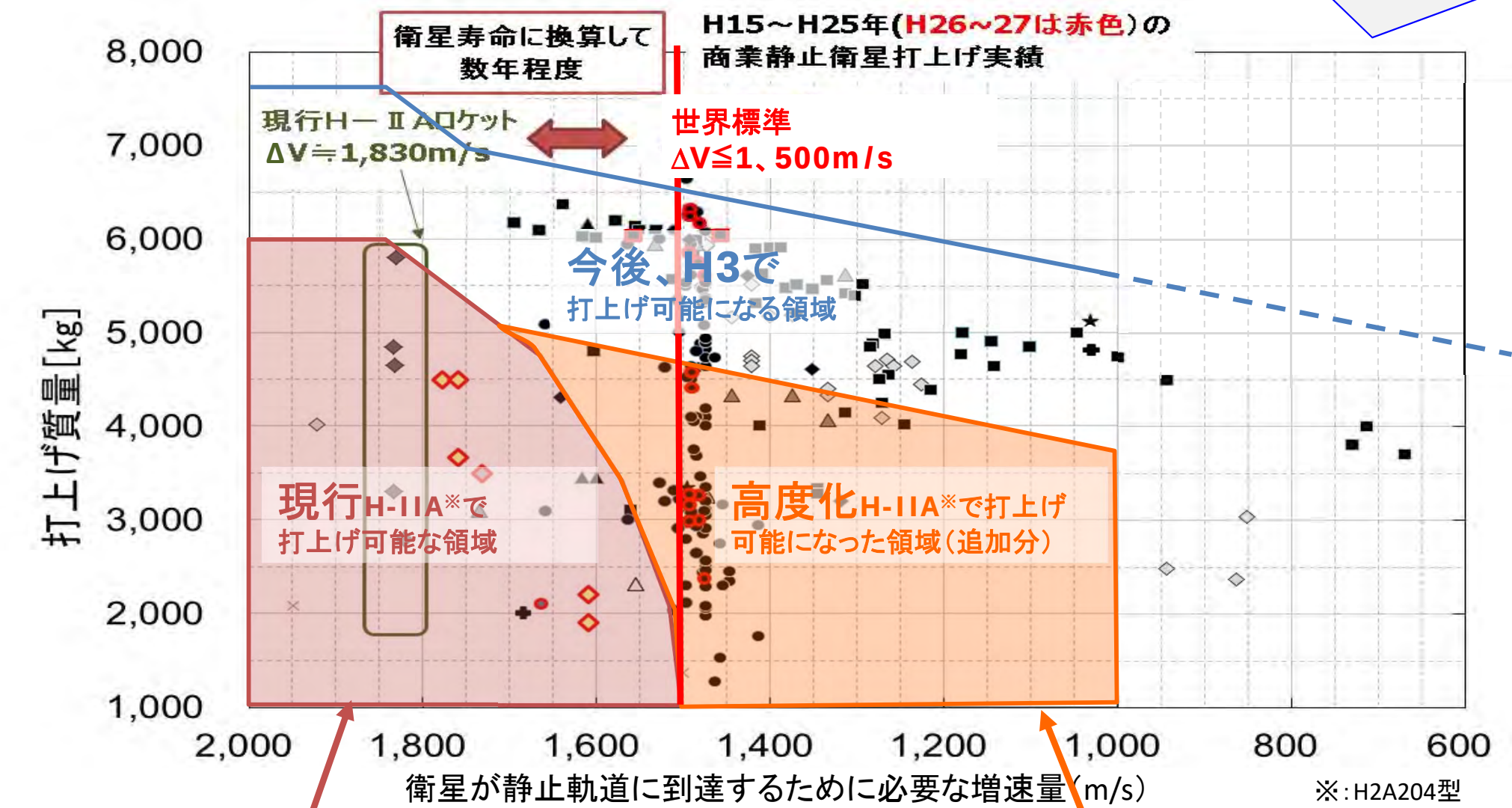
宇宙空間を飛行中のH-IIAロケット(イメージ)。高度化開発により約5時間、地上から36,000kmの距離でも飛行できるようになった。



複数衛星を異なる2軌道への投入し、打上げコストの低減・打上機会の有効利用を実現 19

1.1 液体ロケット開発経緯 ～H-IIA/Bロケットの概要～

縦軸は打ち上げる衛星の質量、
横軸は軌道到達のための衛星側燃料負担を表し、
過去に打ち上げられた衛星をプロット



現行のH-IIAロケットでは、商業静止衛星の
7%程度しか打ち上げられなかった。
(過去に打ち上げられた商業静止衛星の機数での換算)

高度化

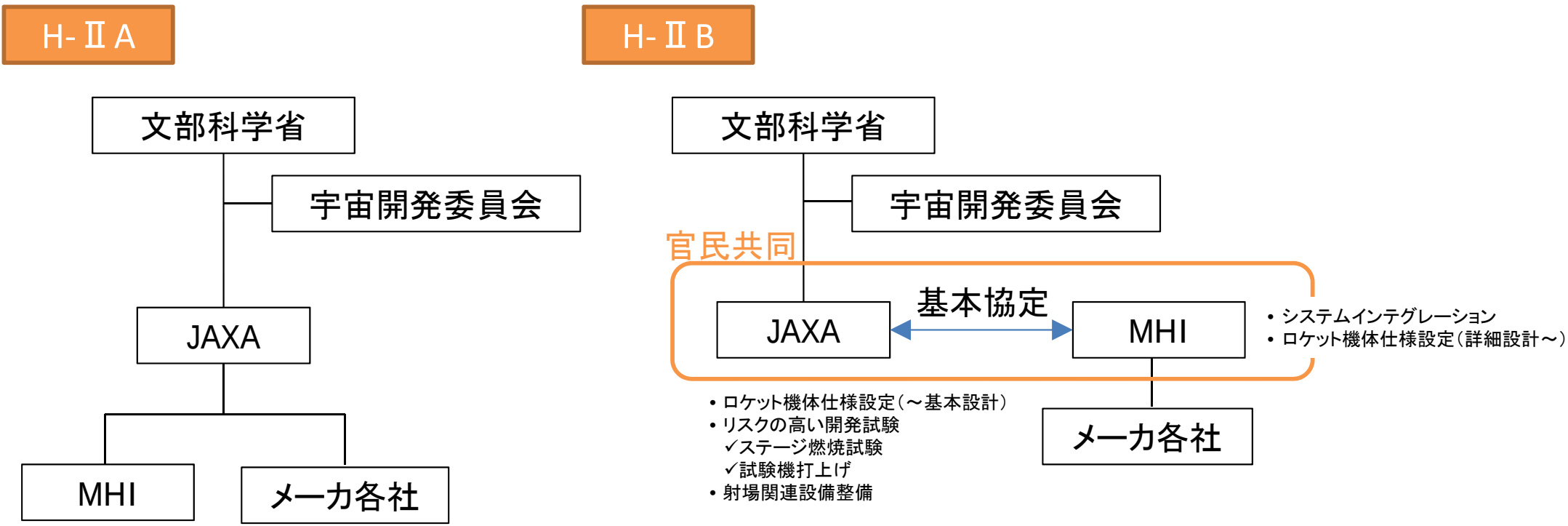
基幹ロケット高度化対応により、
約50%の静止衛星を打ち上げ可能とした。

1.1 液体ロケット開発経緯

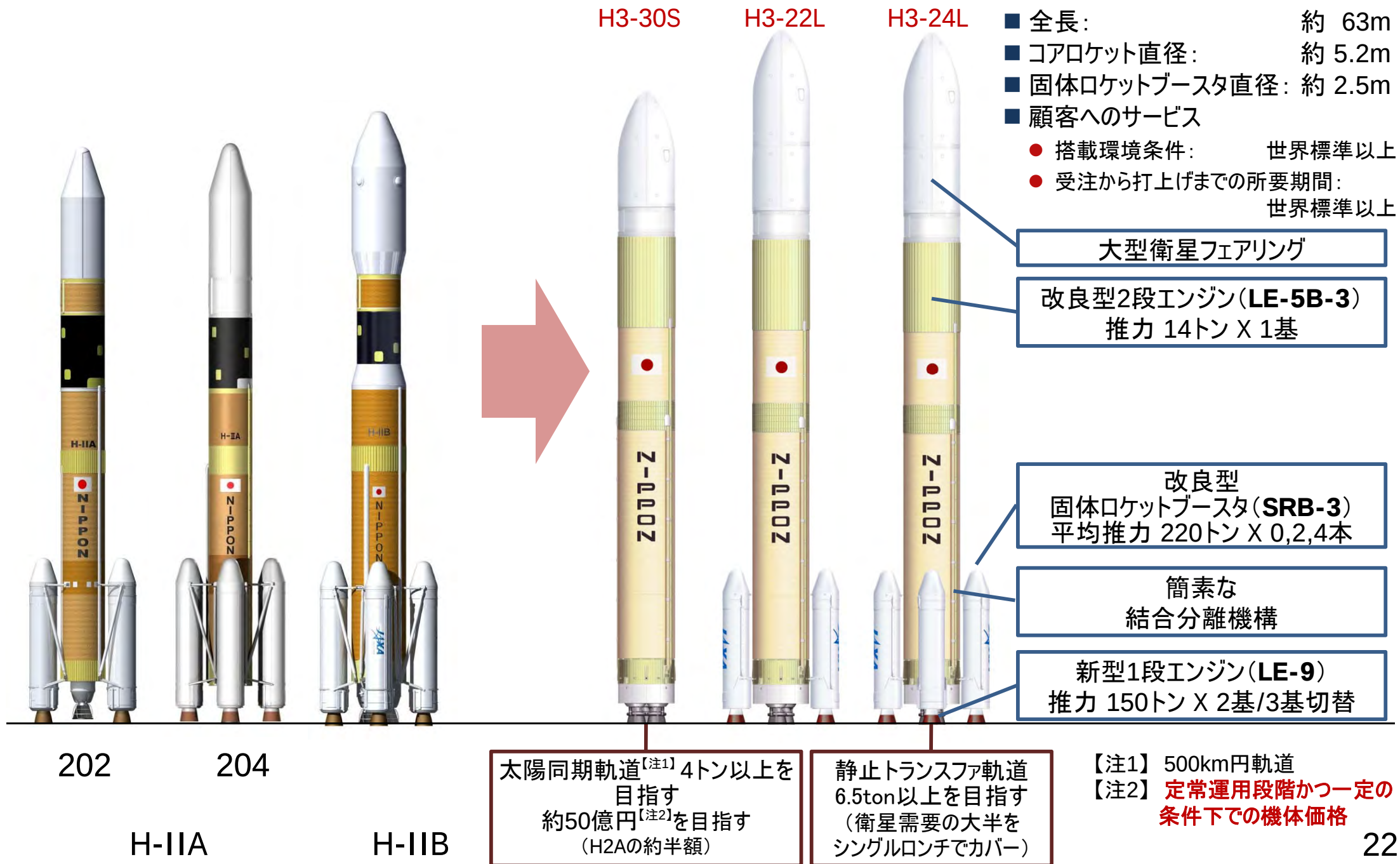
～H-IIA/Bロケット開発体制と官民役割分担～

- H-II Aロケット開発はH-II ロケット同様、JAXAがインテグレートする体制。
- H-II Bロケットの開発は、H-II Aロケット6号機の打上げ失敗の原因究明および対策を取りまとめた「宇宙開発委員会特別会合報告書」(2004年3月～10月)や「我が国の宇宙開発基本戦略」(総合科学技術会議、2004年9月)を受けて、民間の主体性・責任を重視した官民共同体制で取り組み。
- H-II Aロケット13号機以降、H-II Bロケット4号機以降、**民間事業者による打上げ輸送サービス体制に移行**。

【開発実施体制の変遷】



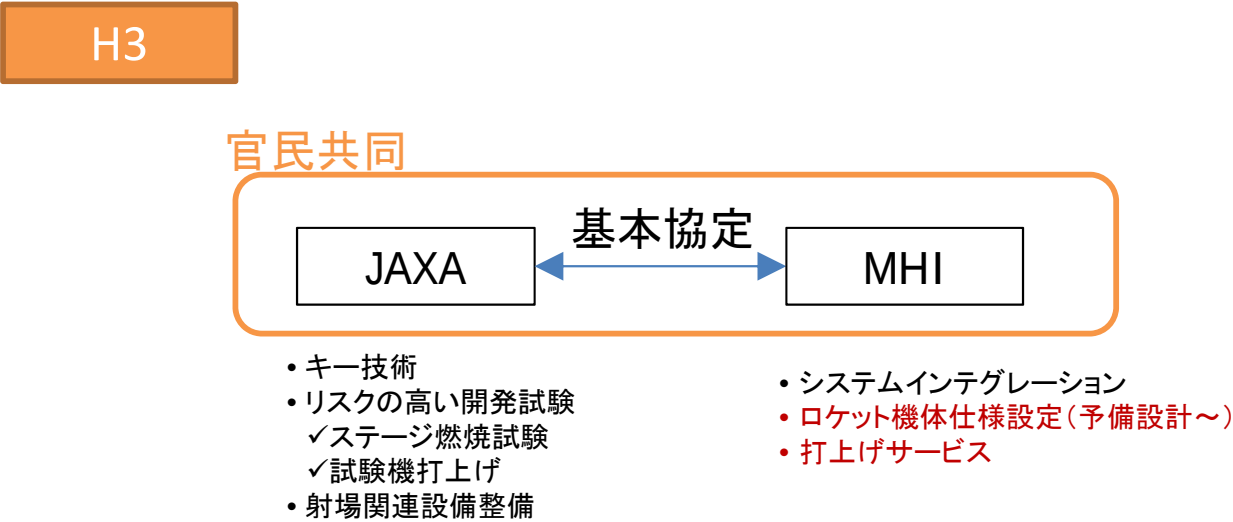
1.1 液体ロケット開発経緯 ～H3ロケットの概要～



1.1 液体ロケット開発経緯

～H3ロケット開発・製造体制と官民役割分担～

- H3ロケットの開発は、これまで以上に民間事業者の力を活用するべく、**開発当初から、民間事業者がロケット機体の開発から製造及び完成後の打上げサービスまでの全体を一元的にとりまとめるプライムコントラクト制を採用。**



政策文書^(※)にそれぞれの役割が定められている。
(※宇宙政策委員会宇宙輸送システム部会資料「新型基幹ロケット開発の進め方」(平成26年4月3日))

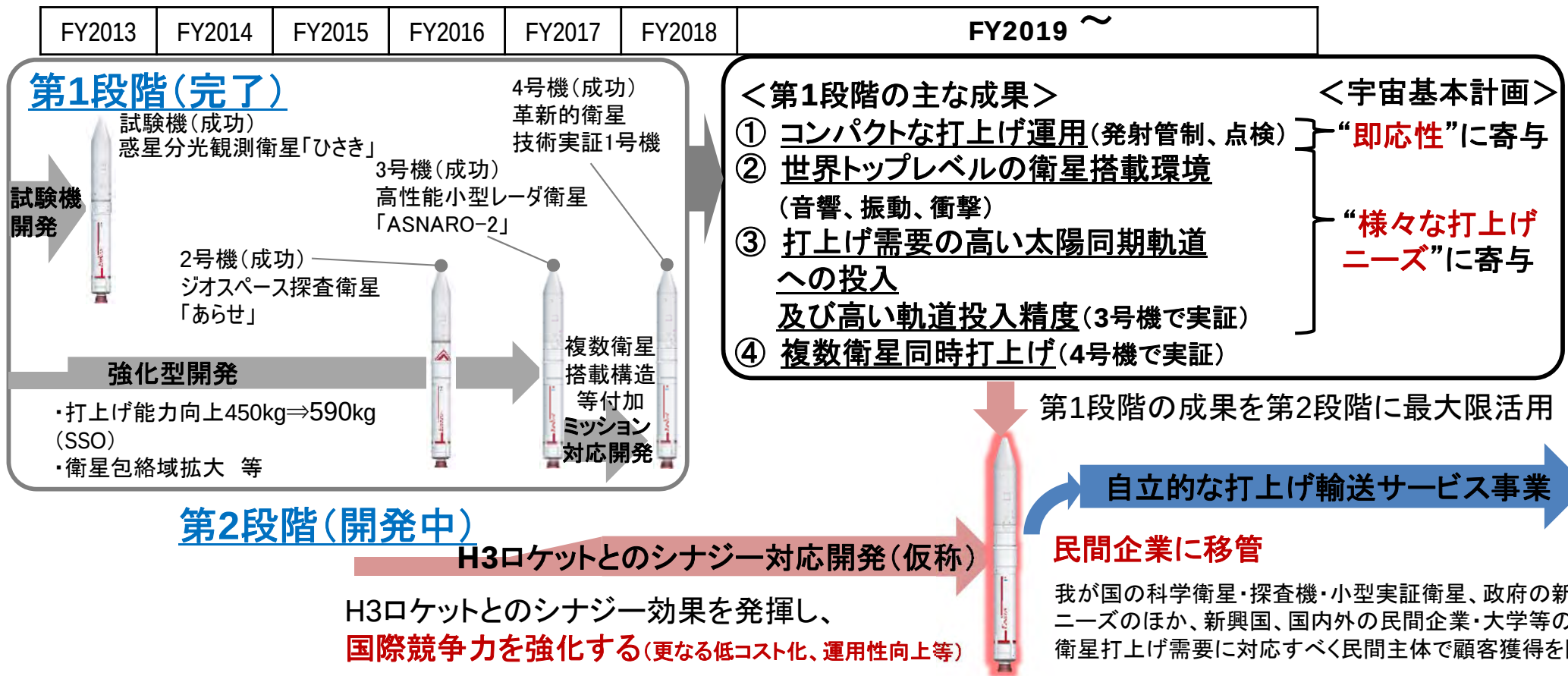
- ◆民間事業者の役割
 - ・ 国際競争力のあるロケットを開発するためには、より民間事業者の力を活用した開発体制、即ち 民間事業者がロケット機体の開発から製造までの全体を一元的にとりまとめるプライムコントラクト制とする。
 - ・ プライムコントラクトは、契約の範囲内で機体開発に係る責任を負担することになる。しかしながら、ロケット開発は、民間事業者にはコントロールし得ないリスクも存在することから、今後、項目ごとに個別に議論し、JAXAとプライムコントラクトの責任分担及び費用負担の割合を確定していく必要がある。
- ◆JAXAの役割
 - ・ プロジェクト全体の管理、総合システムの構築、射場等地上設備の整備、自律性確保のためのロケット技術基盤の維持・向上(キー技術の開発)

1.2 固体ロケット開発経緯 ～イプシロンロケット開発の政策的位置づけ～

- **M-Vロケットまでの固体ロケット**開発で、世界で唯一固体ロケットとして惑星探査にも活用できる等、性能面では世界最高水準の技術を獲得した。しかし、**性能最適化を追求した結果、機体及び打上げ費用が割高となり、運用性・整備性・耐候性に対して最適化がなされていないという課題**があった。
- 宇宙開発委員会（平成22年8月11日）
 - 今後恒常的に一定の需要が見込まれる状況において、**我が国として自律的に対応し、機動的かつ効率的な小型衛星の打上げ手段を確保**するとともに、我が国が培った**戦略的技術である固体ロケットシステム技術を継承・発展**させ、自律点検等先進的技術により**世界一の運用性**を有する小型固体ロケット（イプシロンロケット）を開発する。
 - **開発は2段階で進める**。1段階目では、運用改善に眼目を絞り、M-Vロケット及びH-IIAロケットで培った技術を最大限に活用し、リスク低減と初期開発コストの低減を図ったうえで開発を進める。2段階目では、価格水準でも世界に比肩することを実現する。
- 宇宙基本計画（平成28年4月1日 閣議決定）
 - **即応性が高く、戦略的技術として重要な固体燃料ロケット**のイプシロンロケット
 - 安全保障、地球観測、宇宙科学・探査等の様々な衛星の打上げニーズに対応すること。
 - H-IIA/BロケットからH3ロケットへの移行完了時期までに**シナジー効果を適用したイプシロンロケットを切れ目なく運用開始できるように進めること**。
 - 小型・超小型の人工衛星を活用した基幹的部品や新規要素技術の軌道上実証を適時かつ安価に実施する環境を整備し、イプシロンロケットを用いた軌道上実証実験を実施すること。

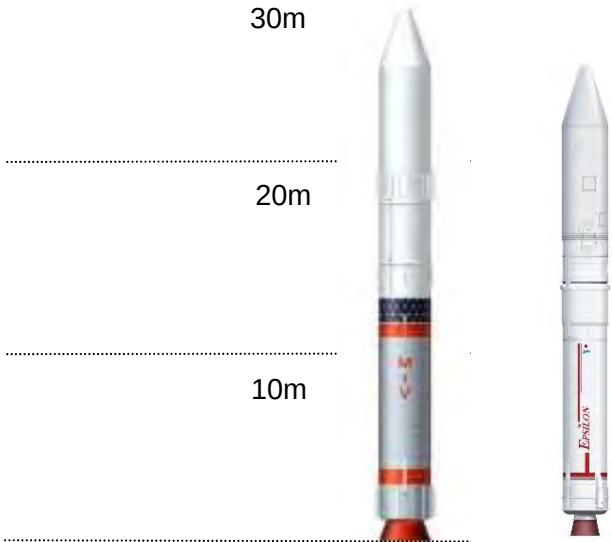
1.2 固体ロケット開発経緯 ～イプシロンロケットの開発計画～

- 小型衛星打上げ手段早期獲得、固体ロケット空白期間極小化のため2段階開発を計画
第1段階(完了): M-V及びH-IIAで培った技術を最大限活用し、4号機までの打上げに成功
第2段階(開発中): H3ロケットとのシナジー効果を発揮して国際競争力を強化する開発を実施中
- 今後、JAXAは長年培った固体燃料ロケット技術を民間企業に移管し、民間企業の自立的な打上げ輸送サービス事業展開を支え、日本の宇宙産業の規模拡大に貢献していく



1.2 固体ロケット開発経緯 ～イプシロンロケット概要～

- 小型衛星の打上げに我が国として**自立的に対応**するための、**機動性・運用性**に優れる**固体ロケット**で、我が国の基幹ロケットのひとつ。
- イプシロンロケットの開発にあたっては**M-V及びH-IIAで培った技術を最大限に活用**。
- 打上げ射場は内之浦(前身のM-Vと同様)。
- **2013年9月14日に試験機の打上げ成功**。その後、打上げ能力の向上等の性能向上を目指した**強化型開発を行い、2・3号機で飛行実証を実施**。
- 3号機では初の非科学衛星である**ASNARO-2を搭載し、主要な需要が見込まれる太陽同期準回帰軌道への投入に高い精度で成功**。
- 4号機では複数衛星搭載構造等を付加し、合計7機の**複数衛星の同時打上げ成功**。



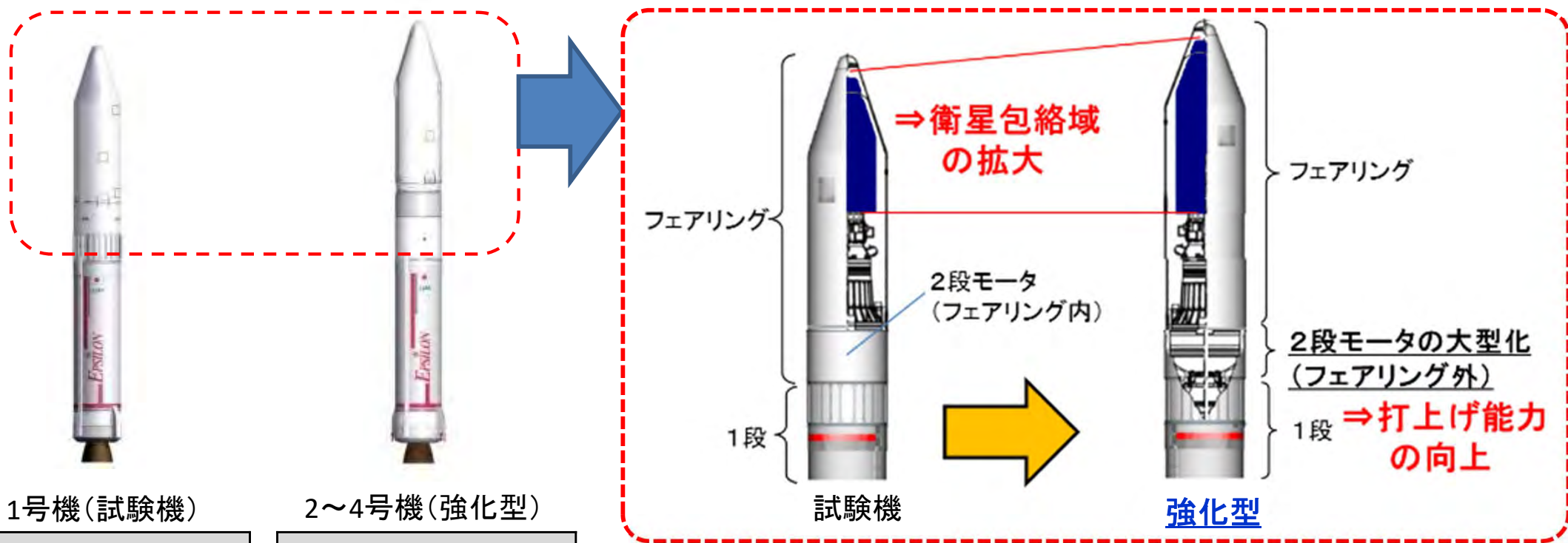
		M-V	イプシロン
全 長		30.8 m	26.0 m
直 径(代表径)		2.5 m	2.6 m
推進薬	3段部	固体	固体
	2段部	固体	固体
	1段部	固体	固体
軌道投入能力 ・太陽同期軌道		450kg	590kg
射場作業期間 (1段射座据付けから 打上げ翌日まで)		42日	9日
衛星最終アクセスから 打上げまで		9時間	3時間

イプシロンロケット3号機の打上げ(内之浦宇宙空間観測所より)

1.2 固体ロケット開発経緯 ～イプシロンロケットの開発実績～

【第1段階開発の概要】

- M-Vロケットの技術を継承し、H-IIAロケットの技術の活用・共通化により、高い信頼性を維持しつつ短期間での開発に成功
- 1号機(試験機)で喫緊のミッションに対応しつつ、2号機以降(強化型)で性能向上開発(打上能力の向上、打上げ可能衛星サイズ(衛星包絡域)の拡大)などを実施し、4機の打上げに成功(4/4:100%)
- 打上げ需要を取り込みつつ、我が国の固体ロケットシステム技術の維持・向上と産業基盤の維持。

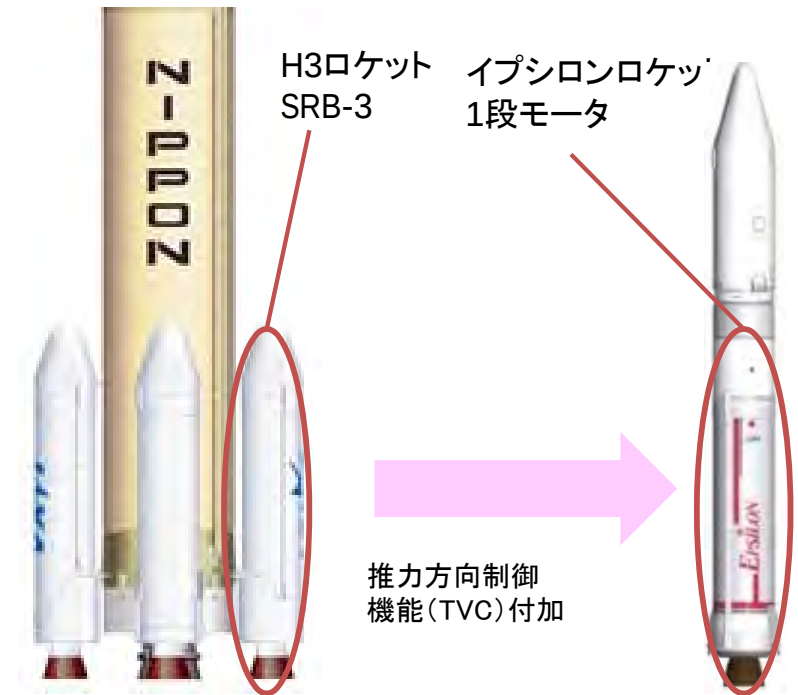


イプシロンロケット2号機では強化型基本形態として実証。3号機では、低衝撃分離機構及び軌道投入精度を高める、ポスト・ブースト・ステージ(PBS:Post Boost Stage)と呼ばれる小型液体推進系を取り付けたオプション形態を実証。

1.2 固体ロケット開発経緯 ～イプシロンロケットの開発計画(今後の予定)～

【第2段階開発の計画】

- 世界の競合ロケットや衛星市場の動向を踏まえながら、**国際競争力を強化**。
 - 打上げコスト低減、及び基幹ロケットとしての高い信頼性の両立
 - ✓ **H3ロケットとのシナジー効果の発揮**に努めながら、1機あたり30億円以下の打上げコスト*、打上げ需要が見込まれる太陽同期軌道への打上げ能力600kg以上等を達成目標とする。
- *) 消費税、打上げ安全監理等に係る費用含まず
- 衛星ペイロードの運用性向上
 - ✓ **固体燃料ロケットの即応性を最大限に発揮**し、打上げ輸送サービス期間を12か月以内、衛星搭載から打上げまでを10日以内とする等、を実現する。
 - ✓ 強化型イプシロンで確立した搭載環境を維持しつつ衛星とのI/F条件の改善を行い、**安全保障、地球観測、宇宙科学・探査等**の様々な打上げに対応する。
- **戦略的技術として重要な固体燃料ロケット技術を更に維持・発展させる**ため、本開発と並行し、相乗り打上げの拡張性や宇宙環境への対応等を検討中。



シナジー効果(H3ロケットからイプシロンロケットへの適用)



SRB-3地上燃焼試験(2019年8月)

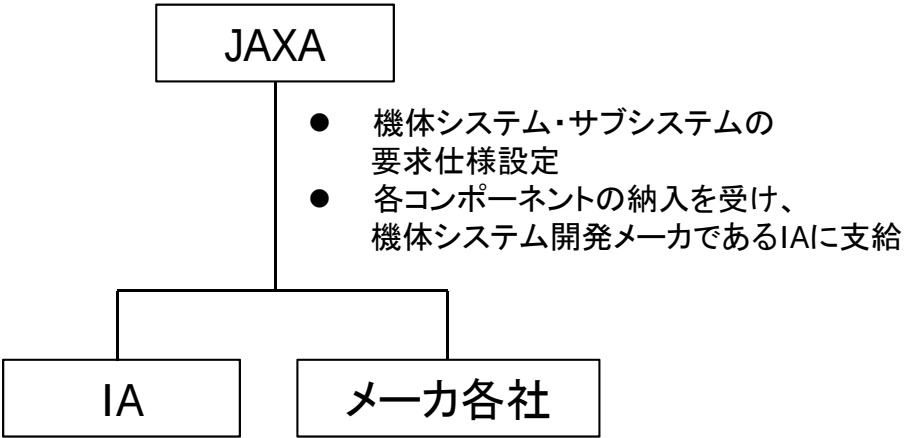
1.2 固体ロケット開発経緯

～イプシロンロケット開発／製造・運用体制と官民役割分担～

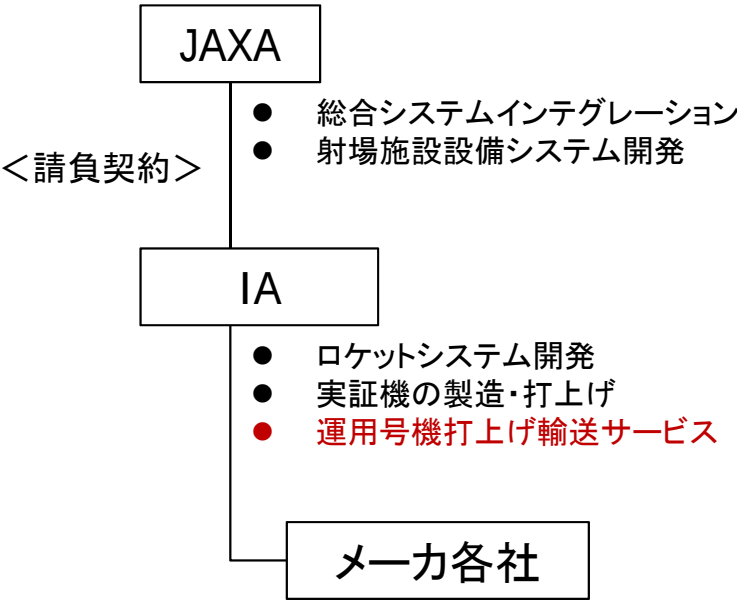
- 第1段階では、イプシロンロケットの開発はJAXAがインテグレートする体制
- 第2段階では、ロケットシステム開発を民間事業者（IA）が請負で実施する体制で進める
- 第2段階の実証機（1機目）はJAXAが実施主体として打上げ運用を実施するが、2機目の製造・運用から、民間事業者による打上げ輸送サービス体制に移行。

【開発実施体制の変遷】

第1段階



第2段階



2. 我が国のその他のロケットに関わる動向

～民間事業者主導の小型ロケットによる打上げサービスの取り組み例～

■ インターステラテクノロジズ(株)



- 安定した性能かつ低コストなロケットエンジン技術の獲得により、超小型衛星打上げ用ロケット(ZERO)を開発中。
- 射場は北海道大樹町。
- JAXAによりロケットエンジン開発試験他支援中 (J-SPARC)

表：ZERO諸元

ペイロード	100kg (SSO 500km～)
サイズ	直径 1.8m, 全長 22m
段数	2段液体 (キックステージ追加可)
1段目エンジン	GGサイクル60kN × 9
2段目エンジン	1段目エンジン真空ver × 1
推進剤	炭化水素燃料／LOX
射場	北海道大樹町

■ スペースワン(株)



- 固体燃料の特性を生かした3段式の小型ロケットを開発中。
- 新たな射場を和歌山県串本町に建設中。
- JAXAがミッション解析など受託による支援を実施中。

サービス内容	人工衛星の地球周回軌道への打上げ
サービスコンセプト	○固体燃料ロケットの特性を生かした －Quick response【即応】 ・契約から打上げまで12か月以内 ・衛星受領から打上げまで4日以内 －Reliable【高信頼】 －Affordable【低コスト】 ○自社専用射場による顧客ニーズへの柔軟な対応
人工衛星打上げ能力 (高度500km)	太陽同期軌道(南方打上げ)：150kg 地球低軌道(東方打上げ)：250kg
年間目標打上げ回数	20回 (2020年代半ば)
サービス開始	2021年度

2. 我が国のその他のロケットに関わる動向

～民間事業者主導の小型ロケットによる打上げサービスの取り組み例～

■ PDエアロスペース(株)



- 「宇宙飛行機 スペースプレーン」の開発を行い、宇宙旅行や宇宙太陽光発電所建設など、民需としての宇宙利用の拡大を目指す。
- ジェットとロケット、二つの機能を持つ 燃焼モード切替エンジン ”が最大の技術。

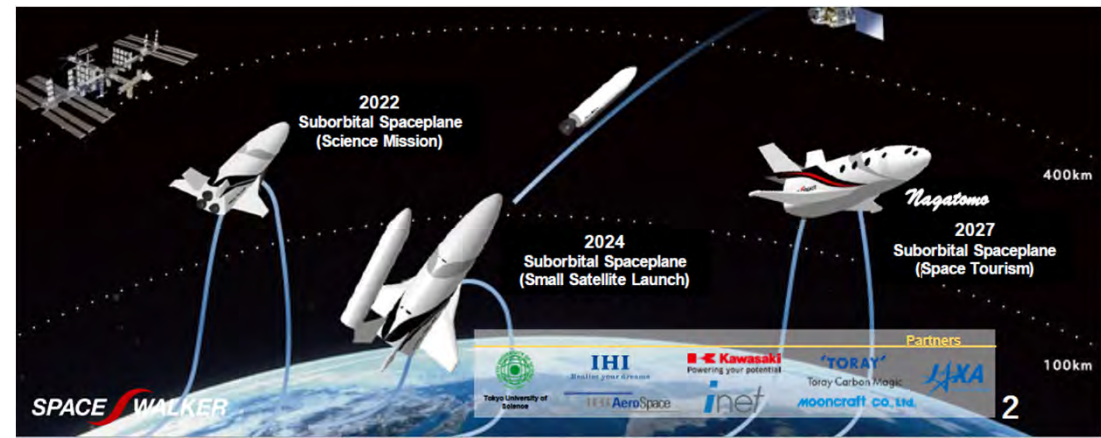


ジェット/ロケット
燃焼モード切
替技術実証

■ SPACE WALKER



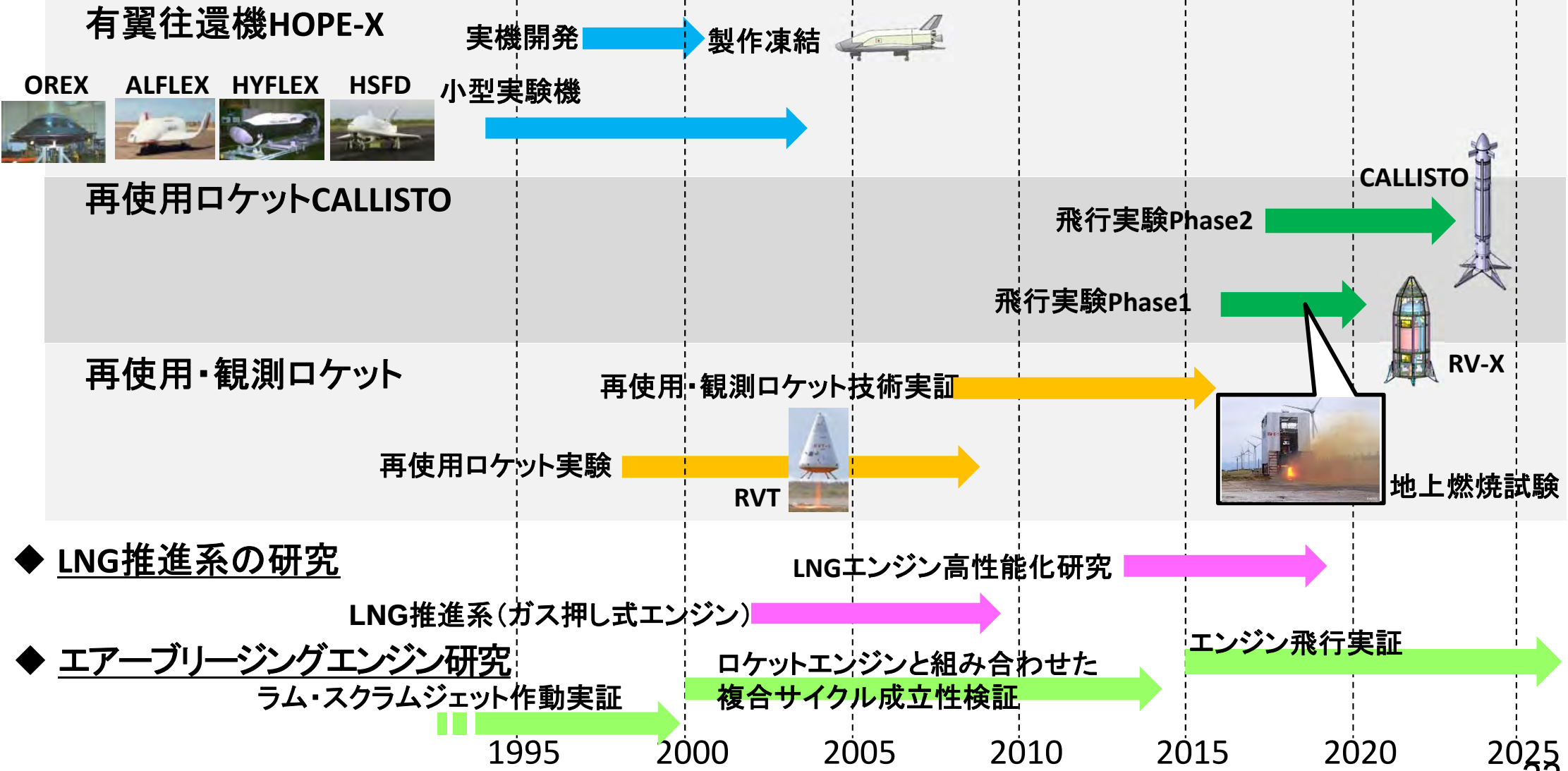
- 「宇宙が、みんなのものになる。」を産官学民が連携して、無人有人のサブオービタルスペースプレーンの開発と運航を目指す。



3. JAXAにおける宇宙輸送系研究開発の動向

宇宙開発の自在性確保の観点から、下記の輸送技術の維持・発展に取り組んできた。

◆ 再使用型輸送システム研究



3.1 再使用型輸送システムに関する研究開発

(2) 再使用ロケット実験機RVT

目的

将来の再使用型宇宙輸送システムの構築に向けた普遍的な技術課題への取り組みとして効率的な繰り返し飛行運用を行うロケットや宇宙飛翔体のシステム構築とこれに必要な要素技術の研究を
広範囲に行い、要素技術研究の成果を実験機に搭載して以下を主目的とした繰り返し飛行実証を実施した。

繰り返し飛行のシステム構築手法と基礎的要素技術の研究

- ①繰り返し飛行の設計／運用経験の蓄積 ②耐久性／寿命管理設計を施した推進系の実証
- ③離着陸飛行の技術習得 ④要素技術の実証機会提供の実践

繰り返し飛行実証等の実績

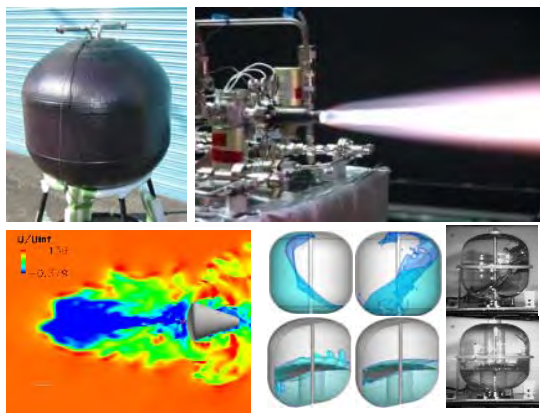
1998年から2007年までに3シリーズ計8回の離着陸実験、多数回のシステム地上燃焼実験を実施した。
また、極低温複合材タンク、水素／酸素RCS、極低温推進剤スロッシング、垂直着陸空力特性など、
将来の宇宙輸送システムの構築に普遍的に必要な要素技術の研究に取り組み、得られた成果を
実験機に取り組んで飛行実証した。



RVT離着陸実験



繰り返し飛行運用の実践



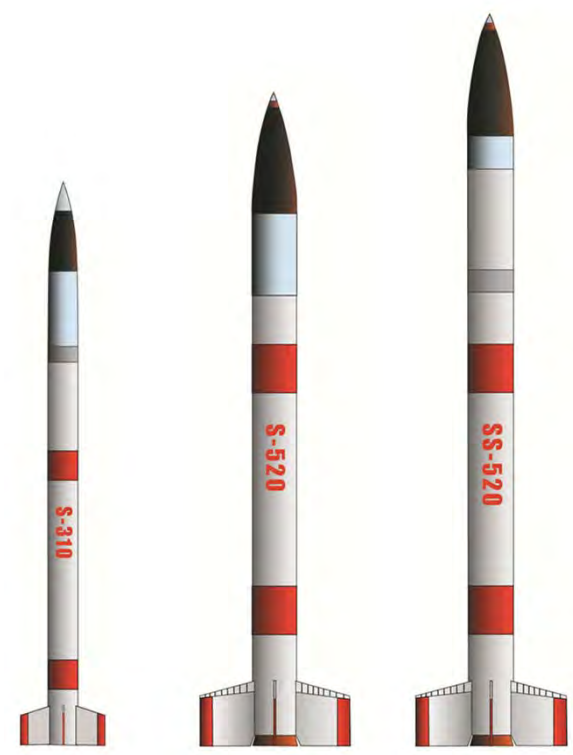
要素技術研究への取り組み

3.1 再使用型輸送システムに関する研究開発

(3) 観測ロケット・再使用観測ロケット

観測ロケット(現在運用中)の概要

- 約10分間の弾道飛行により、観測ロケット特有の飛翔領域を活用した高層大気・宇宙科学観測や工学技術実証実験を実施。
 - 実験内容に応じ、固体燃料をベースの3種類の小型ロケット（使い切り型）を使い分け。
 - 人工衛星では実現が難しい高度100km～300kmに渡る超高層大気の垂直構造を直接観測



	S-310	S-520	SS-520
全長	7.1m	8.0m	9.7m
直径	0.31m	0.52m	0.52m
打上げ時重量	0.7ton	2.1ton	2.6ton
到達高度	150km	300km	800km
飛行時間	約7分	約10分	約15分