

我が国の宇宙輸送系の 現状と今後の方向性

平成23年2月24日

文部科学省

(独)宇宙航空研究開発機構

目次

1. 我が国が独自の輸送システムを保持する意義	3
2. 我が国のロケット開発の経緯	8
3. 世界の主要ロケットとの比較	13
4. これまでの開発のまとめ	17
5. 我が国の輸送系の当面の課題について	18
6. 輸送系の今後の方向性	20
(今後の取組)	
A. 基幹ロケット	
A-1. 基幹ロケット高度化	26
A-2. LE-Xエンジン技術実証	28
A-3. 次期基幹ロケット	32
B. イプシロンロケット(小型固体ロケット)	33
C. LNG推進系の研究開発(LNGエンジン)	36

1. 我が国が独自の輸送システムを保持する意義

(1) 宇宙開発利用の我が国の自立性の確保

- 必要な打上げ手段を独自に保持
- 他国の輸送システムへの依存の問題
(打上げ失敗時の原因究明の限界)
- 国内宇宙産業の成長
- 安全保障の観点

(2) 科学技術創造立国を目指し優れた宇宙技術の獲得

- 基盤的技術の維持
- 専門的人材の確保

(3) 宇宙先進国としての国際プレゼンスの確保

- 宇宙先進国としての立場の保持
- 宇宙新興国への 国際展開における有利な交渉手段

宇宙輸送系に関する政策

(注)輸送系に関連する部分のみを抜粋

○宇宙基本法(平成20年5月)

第15条 国は、人工衛星等の開発、打上げ、追跡及び運用を自立的に行う能力を我が国が有することの重要性にかんがみ、これらに必要な機器(部品含む)、技術等の研究開発等の必要な施策を講ずる。

○宇宙基本計画(平成21年6月 宇宙開発戦略本部決定)

③自立的な宇宙活動を支える宇宙輸送システム構築の推進

- ・宇宙輸送システムは我が国が必要な時に、独自に宇宙空間に必要な人工衛星等を打ち上げを行うために維持することが不可欠な技術。
- ・経済的な宇宙開発利用を行っていくためには、継続的な商業市場でのシェア獲得が必要不可欠であり、国は引き続き国際競争力を維持・向上するための信頼性向上などの改良施策を推進。

○宇宙分野における重点施策について(平成22年5月 宇宙開発戦略本部決定)

- ・我が国が輸送系の技術を確立し、自律性を確保していくためには、長期的な視点に立った弛まない新たな技術開発を継続的に行い、人材の育成や経験・知見の蓄積を図ることによって、ロケットに係る総合的な技術力を継続的に発展・向上させていくことは必要不可欠。

○第3期科学技術基本計画(平成18年3月 閣議決定)

(国家基幹技術) 宇宙輸送システム

○第4期に向けた「科学技術基本政策について」(平成22年12月 総理大臣答申)

- (4) 国家存立の基盤の保持
 - i) 国家安全保障・基幹技術の強化
- ・国の安全保障や国民生活の安全確保等にもつながる宇宙輸送に関する技術の研究開発を推進する。

文部科学省と宇宙航空研究開発機構(JAXA)の役割(1/2)

- ◆ **文科省**は、研究開発の**基盤整備**、基礎研究・共通的**研究開発**、大学における**教育・研究**を担うという責務を、宇宙開発利用分野においても、宇宙基本法に従って積極的に果たしていく
- ◆ **JAXA**は、宇宙政策の実施機関として、研究開発を業務の中心としつつも、基本法の理念を踏まえ、**役割・機能を見直す**

各省・民間の宇宙開発利用を支える
世界トップレベルを目指す**研究開発の推進**と
利用ニーズを先取りした**技術基盤の構築**

各省・民間の宇宙開発利用を支える
宇宙インフラ(※)と技術力の提供

(※ 各省、民間が共通して利用する地上の施設や設備のみならず、
利用が各省・民間にまたがる衛星などの継続的な開発・運用を含む)

将来の宇宙開発利用を支える**人材育成**

科学的発見に挑戦し、人類の夢を育む
宇宙科学、宇宙探査、有人宇宙計画の推進

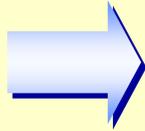


**宇宙基本法の
理念を実現**

文部科学省と宇宙航空研究開発機構(JAXA)の役割(2/2)

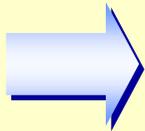
- ◆ **宇宙開発戦略本部による戦略の下、関係府省と緊密に連携しながら施策を推進**
- ◆ **宇宙分野において我が国が国際競争力を強化していくために、以下のような取組み**
 - ① **先端的・基盤的な研究開発の強力な推進**
 - ② **利用指向型の研究開発の推進、研究開発成果の社会還元・実利用への展開の強化**

国民生活の向上等
【第3条関係】



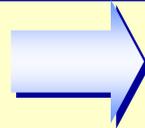
- 国民生活の向上、安全安心な社会、災害その他様々な脅威の除去、我が国の安全保障等に資するため、地球環境観測、陸域観測、通信、測位に関する衛星の開発等を強力に推進。
- より利用を重視し、開発段階から、衛星開発と運用における利用官庁・民間等のユーザーとの更なる連携強化を図る。

産業の振興
【第4条関係】



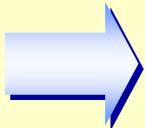
- 国際競争力の源泉となる研究開発を実施し、成果の民間への技術移転や民間との連携を一層強化
- パッケージ化による我が国の国際展開に対し、人材育成などで積極的に貢献

人類社会の発展
【第5条関係】



- 世界最高水準の宇宙科学研究・月惑星探査等を推進

国際協力等
【第6条関係】



- 国際宇宙ステーション計画の推進
- 宇宙先進国としての協力、途上国との戦略的協力を推進（アジア太平洋地域宇宙機関会議(APRSAF)でのイニシアティブ、「センチネルアジア」プロジェクトの推進等）

ロケット打上げ期間の見直しについて

平成23年4月より、通常の打上げを行うことができる期間(通常期)、及び特別な事情により打上げを行うことができる期間(特別期)は廃止し、打上げ対象期間を190日間から通年とする。

【現行の打上げ期間】

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
打上げ期間												
			6/26 ～ 7/15	7/22～9/30				11/1～12/31		1/1～2/28		
			(特別期)	(通常期)				(特別期)		(通常期)		

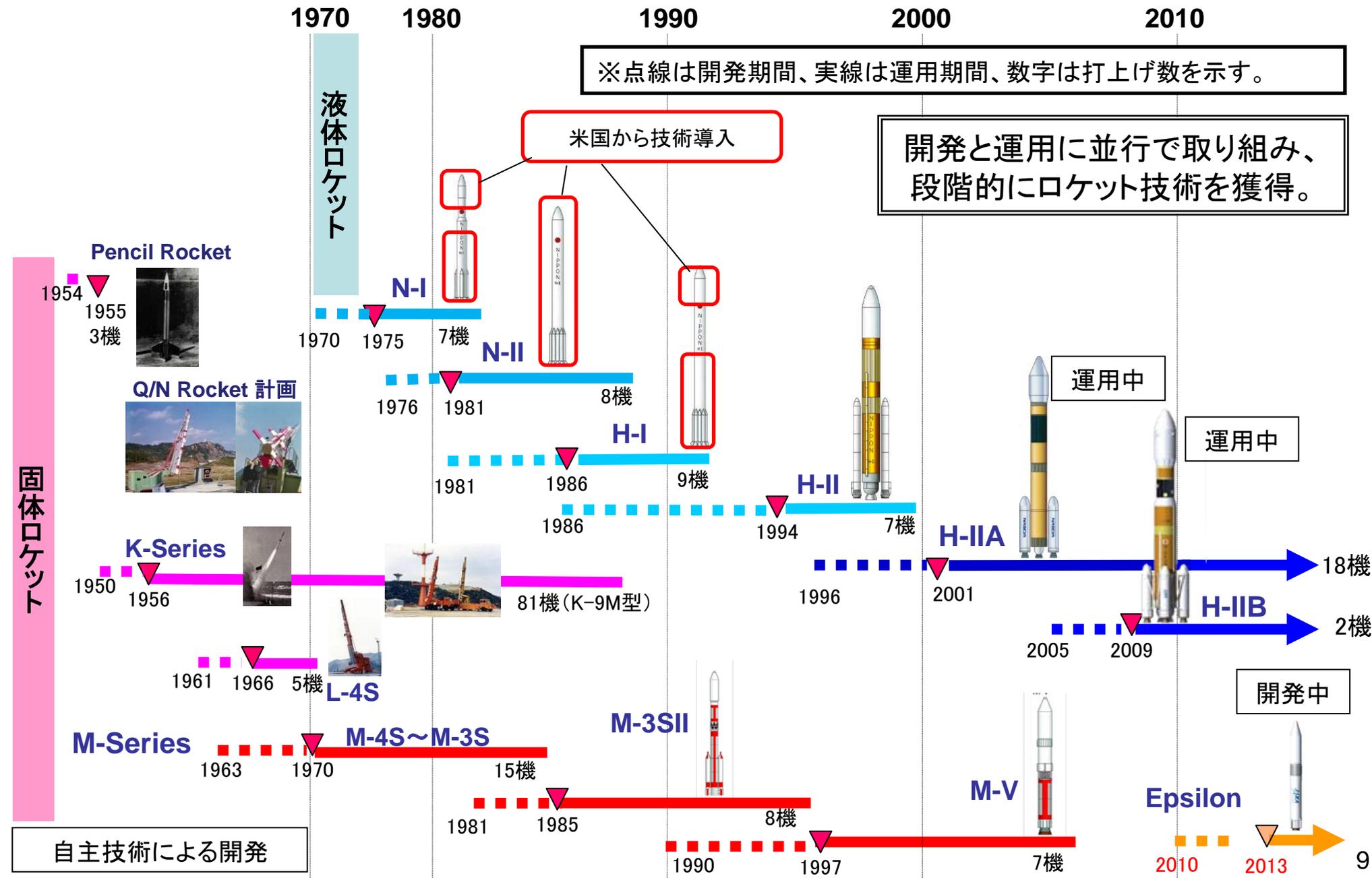
【見直し後の打上げ期間】

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
打上げ期間見直し案												
	打 上 げ 対 象 期 間											

2. 我が国のロケット開発の経緯

1. ペンシルロケットからスタートした我が国のロケット開発は、科学衛星打上げ用の固体ロケットとして進化を遂げ、惑星探査まで可能なM-Vロケットまで発展。
2. 現在、我が国が独自に培った固体ロケットシステム技術を継承し、機動性・即応性に優れた小型固体ロケット(イプシロン)の開発に取り組み中(2013年試験機打上げ目標)。
3. 一方、実利用衛星の打上げを目的として米国からの技術導入によりスタートした液体ロケットについて、H-Iロケット以降、衛星の大型化に対応しつつ段階的に国産ロケットの開発を継続してきた。
4. H-IIロケットにおいて全段自主技術により、独自の輸送能力を有する7つの国の中で世界と比肩する打上げ能力を有し、その後改良したH-II A/Bロケットにおいても95%(20機打上げ中19機の成功)という世界最高水準の打上げ成功率を誇るまでに成長した。
5. ロケットシステムとしての高い信頼性は、選択と集中により着実に研究開発を重ねて獲得・進化してきた先進的キー技術(代表例を以下に示す)と、これらをシステムとして高度に統合するシステム・インテグレーション技術によるところが大きく、いずれも世界最先端の水準にある。
 - 推進薬として最高性能を有する液体水素／液体酸素ロケットエンジン技術
 - 当初から自主技術で進歩を重ね、惑星探査も可能なM-VロケットやH-IIA/BロケットSRB-Aを実現するに至った固体ロケット技術

我が国のロケット開発経緯



我が国におけるロケットのシステム・インテグレーション

- ロケットはエンジン、固体モータ、アビオニクス、構造、機構品等、多岐の分野にわたる先進技術を高度に統合するインテグレーション技術が必要。
- 我が国では、機器メーカー(主要8社)が得意分野に応じて技術開発を分担し、JAXAがこれを統合することで日本全体の総力を結集し、世界水準のロケットおよび国産の先進技術を育成してきた。
- JAXAと産業界は、技術の成熟に応じて適切に役割分担を行ってきた。

➤ JAXA

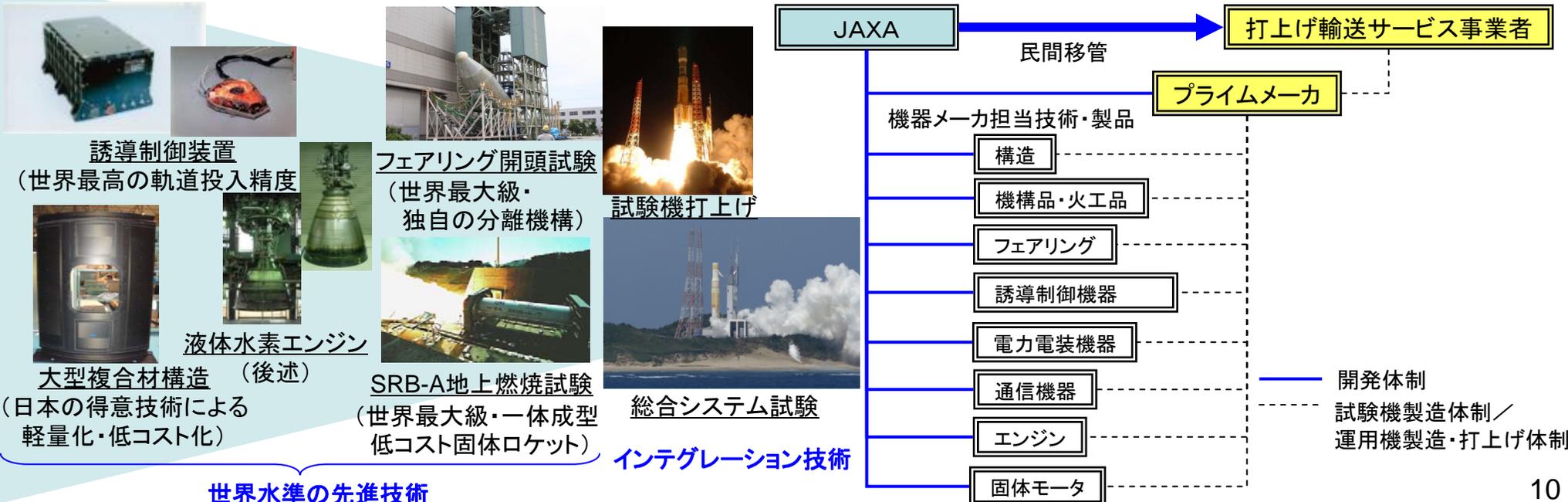
- ◆ 国の計画を遂行するためのプロジェクトマネジメント
- ◆ リスクを伴い技術的難易度の高い先進技術の開発・実証及び共通基盤的研究開発。
- ◆ JAXAが実証し成熟した技術はプライム企業に移管し、製造責任を一元化。
- ◆ 信頼性の確認された打上げ運用(安全監理はJAXA)は民間に移管し、打上げ輸送サービス体制へ移行。

➤ プライムメーカー

- ◆ 民間の効率的かつ迅速な経営手法によるコスト低減と製造責任の一元化による品質向上。

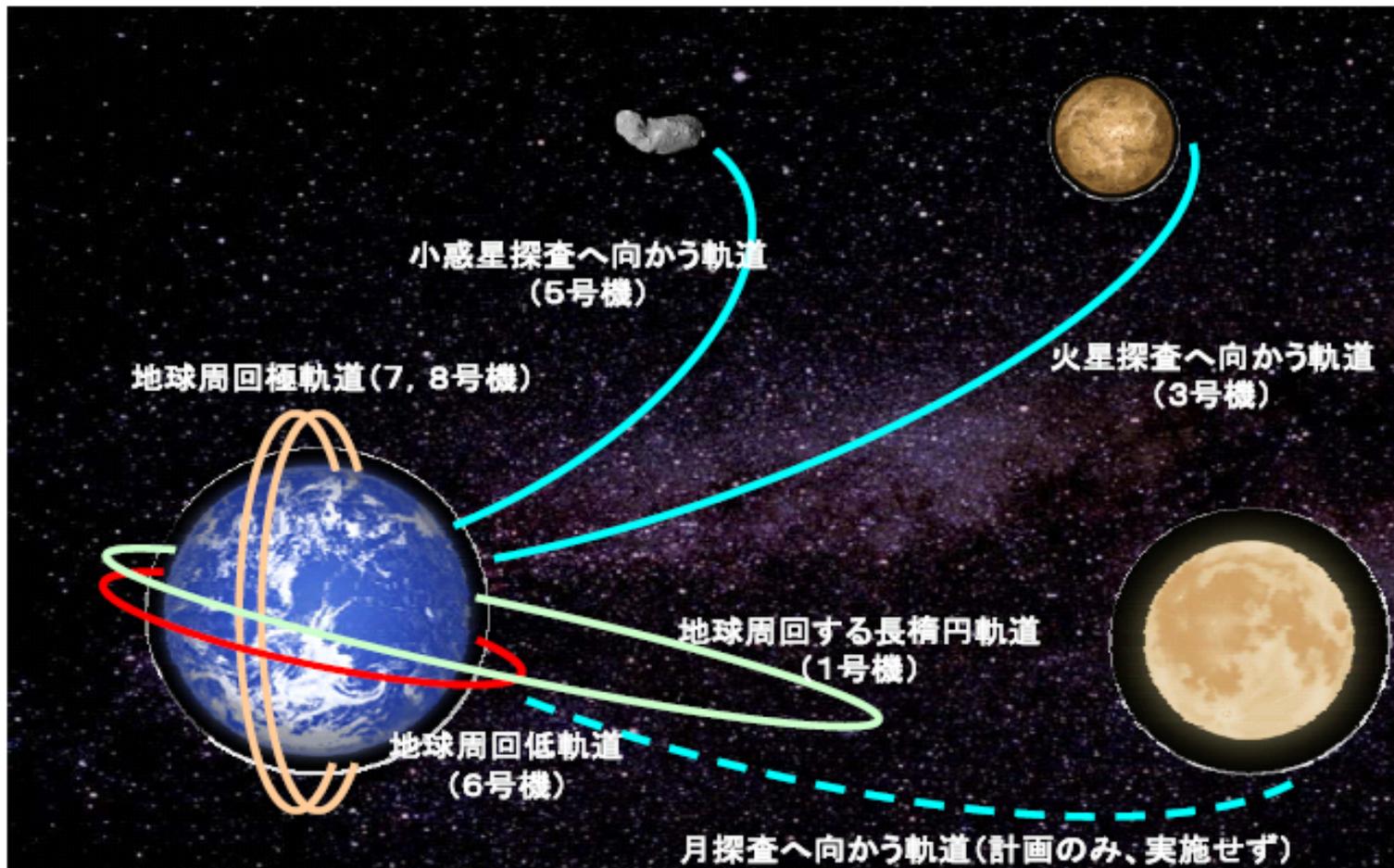
➤ 打上げ輸送サービス事業者

- ◆ 民間の経営手法を活かした商業打上げ受注活動。



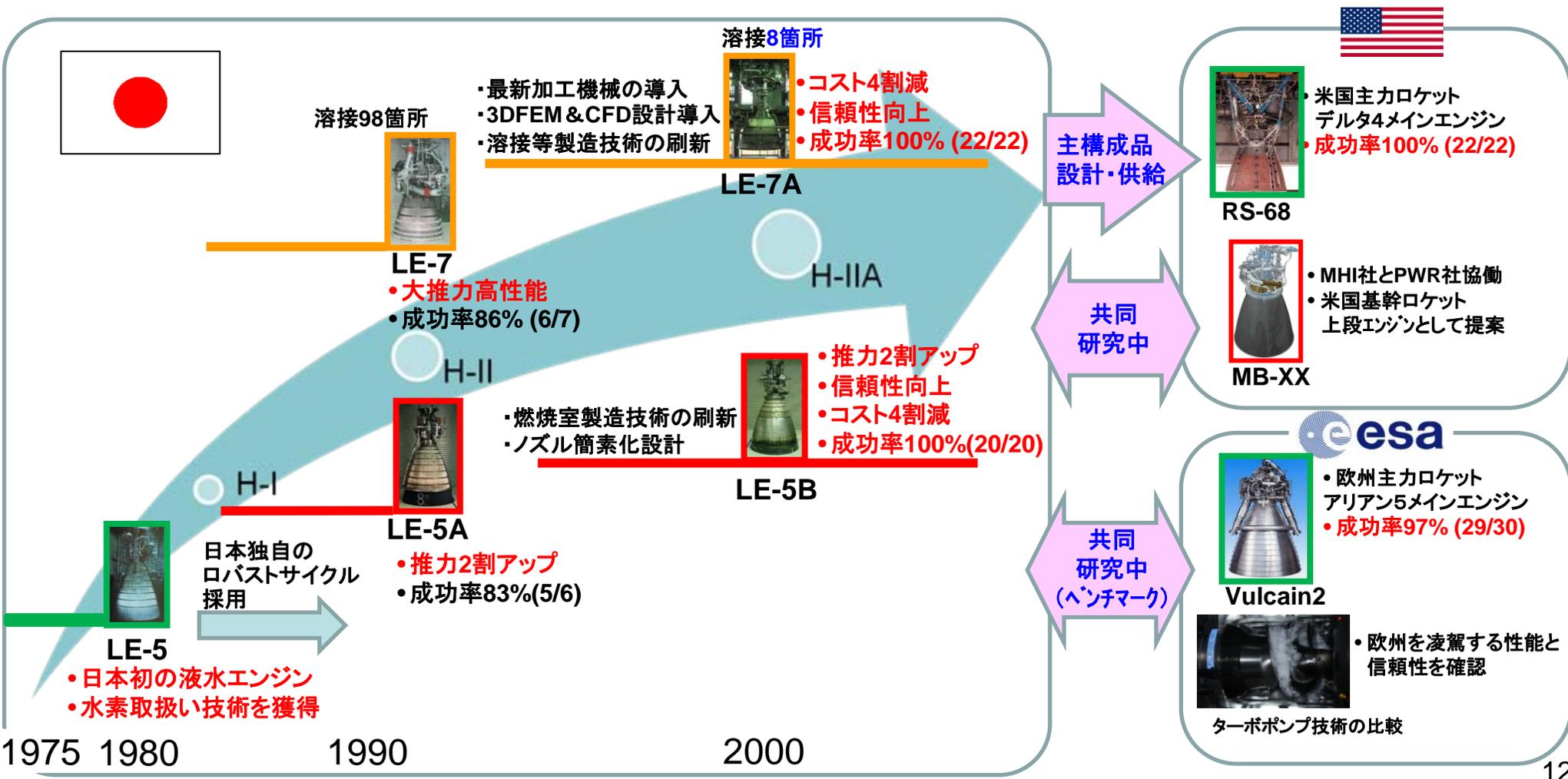
固体ロケットシステム技術の確立(M-Vロケットの主要な技術成果)

- 固体ロケット技術はペンシルロケットから約55年、おおすみ(初の国産衛星)打上げから約40年にわたって我が国の独自技術で開発・運用が継続され、はやぶさを上げたM-Vロケット(2007年退役)に進化。
- M-Vロケットは、7回の技術実証を経て地球周回から惑星探査までにも活用できる世界で唯一の全段固体ロケットシステムとして確立された。
- 燃焼中断による制御のできない固体ロケットによる正確な軌道投入には、設計・製造・打上げ運用に至るライフサイクルの全段階で高い技術力が要求される。



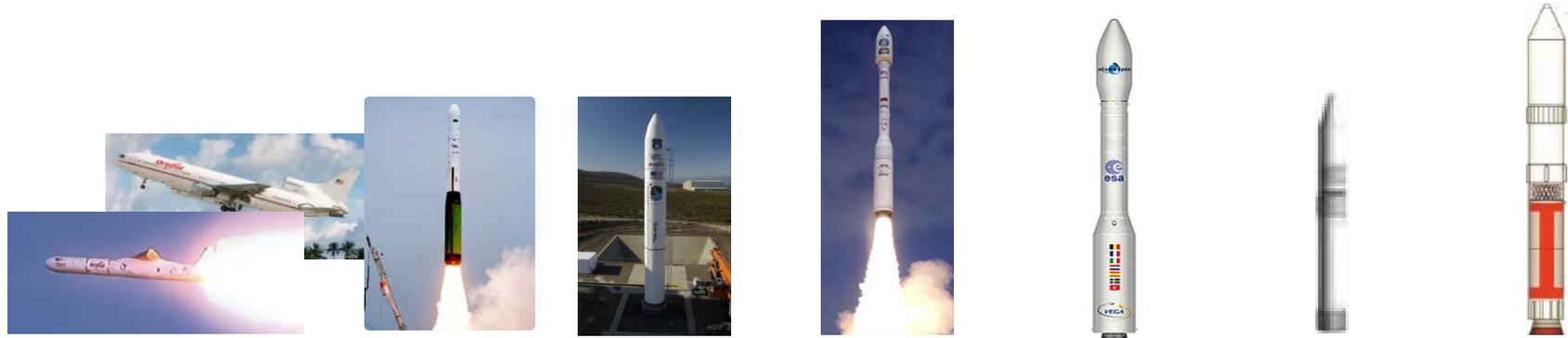
日本の液体水素エンジン技術のこれまでの取組みと世界との水準

1. 国産化を目指したH-Iロケットの開発以来、ロケットの心臓部として、35年にわたって空白期間を設けことなく開発を継続し、米国・欧州と同等以上の技術水準に到達。高い信頼性、コスト効率、性能は世界で認められ、現在、欧米の宇宙機関・メーカーとの共同研究や米国基幹ロケットのキー・コンポーネント輸出を行っている。
2. 1段、2段のエンジン技術を共通化してリソースの投入を集中。当時として最新の設計・製造技術を取り入れつつ段階的に技術を高め、現在に至る。



3. 世界の主要ロケットとの比較

諸外国の主要固体ロケットの比較

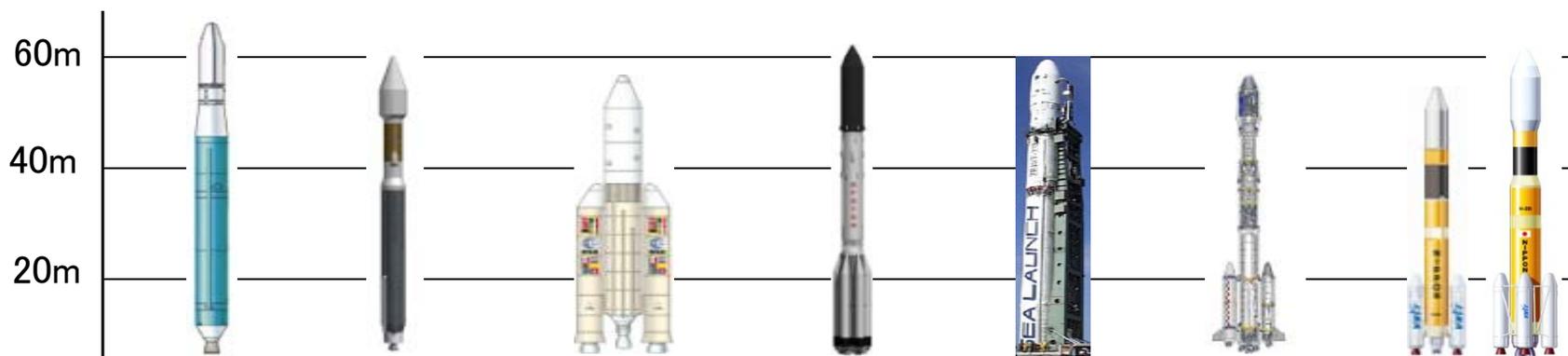


ロケット名	ペガサスXL (空中発射)	ミノタウルス	ミノタウルス4	トールスXL	ベガ	イプシロン	M-V
国名	米国	米国	米国	米国	欧州	日本	日本
成功数／打上げ数	35／40	8／8	3／3	6／8	—	—	6／7
打上げ成功率	88%	100%	100%	75%	—	—	86%
低軌道打上能力	0.4トン	0.6トン	1.7トン	1.5トン	2.3トン	1.2トン	1.8トン
備考	運用中(※1)	運用中	運用中	運用中	開発中	開発中	運用終了

(※1) ペガサスXLは2008年以降打上げ実績なし。米国における小型需要の打上げはミノタウルスへ移行。

(2011年2月時点)

諸外国の主要液体ロケットの比較

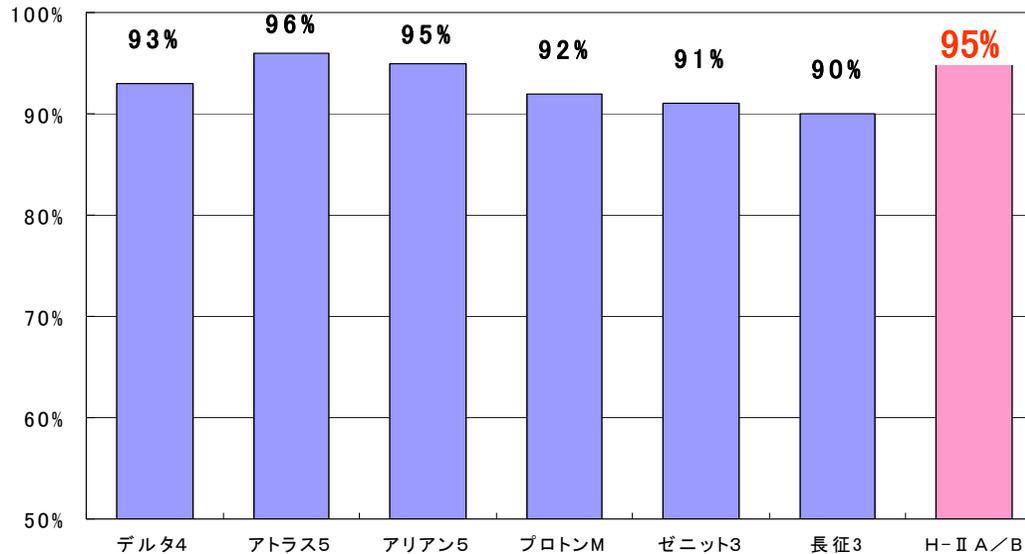


ロケット名	デルタ4	アトラス5	アリアン5	プロトンM	ゼニット3	長征3	H-IIA/B
国名	米国		欧州	ロシア	ロシア	中国	日本
成功数／打上げ数	14／15	22／23	53／56	46／50	32／35	46／51	19／20
打上げ成功率	93%	96%	95%	92%	91%	90%	95%
静止遷移軌道 打上能力	4～13トン	5～9トン	7～10トン	5.5トン	6トン	3～5トン	4トン／8トン
開発費	2,750億円	2,420億円	8,800～9,900億円	不明	不明	不明	1,802億円

(2011年2月18日時点)

打上げ成功率と開発費の比較

1. 諸外国の主要液体ロケットの打上げ成功率

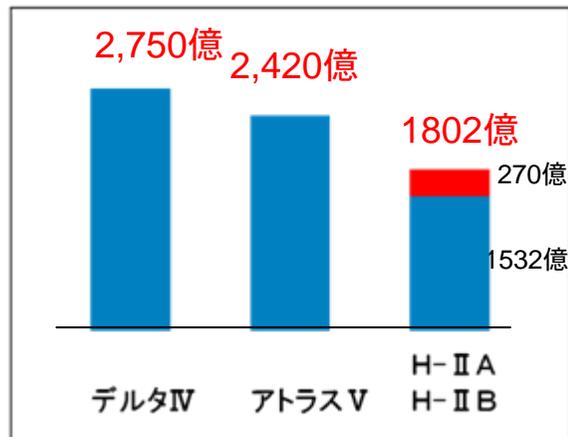


2. ロケット改良開発費の比較

ロケットシステムの部分改良による開発費の比較

✓デルタ3からデルタ4、アトラス3からアトラス5への改良

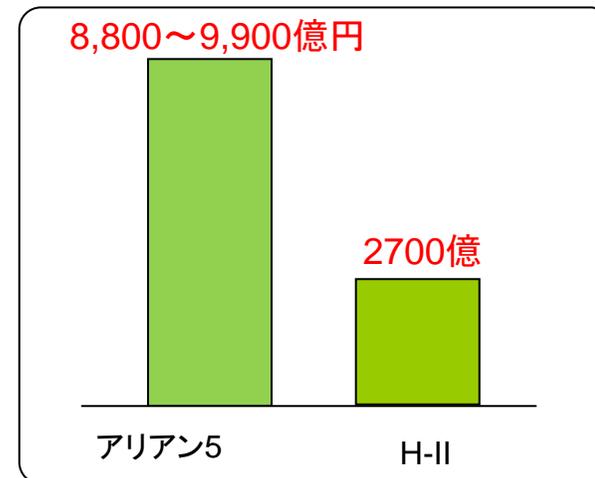
✓H-IIからH-IIA/H-IIBへの改良



3. ロケット新規開発費の比較

全段新規開発したアリアン5ロケットと自主技術により

全段新規開発したH-IIロケット開発費の比較



欧州(アリアン5)米国(アトラス5/デルタ4)の打上げ事業に対する政府の取組み

欧米とも「宇宙への自在なアクセス手段の確保」を国の政策として宇宙輸送手段の確保、重点技術開発プログラムの維持、宇宙輸送産業の促進、打上げ事業基盤の維持・発展に相当規模の予算を投入することで基幹ロケット打上げ事業を強固に推進。

<欧州宇宙戦略(2000年9月27日)、欧州宇宙政策(2007年5月22日)骨子>

1. 宇宙活動の基盤強化(妥当なコストで独自に宇宙アクセスできる手段の確保)に関して新型ロケットの革新的技術開発と関連地上施設は公的部門が支援を継続する。
 - ① 宇宙輸送システムには、関連する地上インフラ利用を含め、持続可能な欧州の打上げロケットプログラムに対する安定した政治的支援が必要。
 - ② 戦略的評価に基づいて、既存の打上げロケットを改良し、新たな打上げシステムを開発するための投資が行われるべきである。
 - ③ 経済性を確保するには、継続的な世界の商業市場での成功が不可欠である

<米国宇宙輸送政策(2005年1月6日)骨子>

1. 宇宙へのアクセスを保証する米国宇宙輸送能力の維持のために、米政府は強固な宇宙輸送産業および技術基盤が発達するような環境整備に向けて十分かつ安定した資金を提供する必要がある。
 - ① 宇宙へのアクセス保証について、国防総省(DOD)とNASAが以下の能力を維持する役割と責任を明文化。
 - ◆ DODが国家安全保障で要求される宇宙輸送システム・インフラ等の維持、米国基幹ロケット(アトラス5/デルタ4)の管理責任と固定予算の拠出。
 - ◆ NASAが探査・科学、民事的目的の有人等含む民間宇宙輸送システム・インフラ等の維持とDODや商業分野での活動では満足されない要求に限定した開発活動に従事

4. これまでの開発のまとめ

1. 液体ロケット・固体ロケットともに、10年程度毎にロケットの運用を行いつつ新型ロケットの開発ないしはシステムレベルの改良に継続的に取り組むことで、輸送システム技術を維持・発展してきた。
2. 現在、我が国は基幹ロケット(液体ロケット)とイプシロンロケット(固体ロケット)の2系統のロケット技術を保有し、小型衛星から静止衛星・HTVなどの大型衛星まで自立的に打ち上げる能力を備えている。
3. 我が国が保有するロケット技術は、先進技術を選択と集中により着実に獲得・進化させ、これらをシステムとして高度に統合することで、世界に比肩する打ち上げ能力と世界最高水準の信頼性を獲得している。
4. 日本は欧米と比べてきわめて効率的にロケットを開発し、我が国の宇宙開発利用を促進してきた。

H-IIロケットからH-IIAロケットへの移行により、18機打ち上げで開発費を上回る約1800億円を節減。

5. 液体ロケット・固体ロケットともに新型ロケットの開発着手から20年以上が経過※し、基幹ロケットについていくつかの課題が顕在化してきており、新型ロケットの開発を通して設計・製造技術およびロケットシステムを次世代の高い競争力あるものに刷新すべき時期に来ている。

※ 固体ロケット:M-V開発着手1990年(2010年 イプシロンロケット開発着手)

液体ロケット:H-II開発着手1986年(25年経過)

5. 我が国の輸送系の当面の課題について(1/2)

1. 国際競争力の強化の必要性

(1) 打上能力の衛星需要へのマッチング

H-II Aロケットの打上能力は、衛星側のニーズの変化に的確にマッチングしなくなっている。

○静止衛星は、大型化・長寿命化が進んでおり、現在のH-II Aロケットでは打上げ能力不足で対応できなくなっている。

○地球周回衛星は、軽量化が進んだことにより、2機相乗りで打ち上げた方が効率的であるが、現在のH-II Aでは高度の異なる軌道への打ち分けができない。

<対応>

H-II Aロケットの第2段機体を高性能化するプロジェクトを来年度開始(3年後に打上げ目標)

(2) 衛星搭載環境(衛星分離時の衝撃)

H-II Aロケットは、欧米のロケットに比べ衛星の分離時に、衛星に与える衝撃が大きい。

<対応>

H-II Aロケットの第2段機体を高性能化するプロジェクトを来年度開始(3年後に打上げ目標)

(3) 打上げ価格

打上げ価格(プライス)について強固な政府支援を受けた欧米が日本に比べて優位。

<対応>

技術的な対応に加え、欧米と同様の産業政策の視点での政府支援が必要

5. 我が国の輸送系の当面の課題について(2/2)

2. 国内宇宙産業の維持の必要性

(1)平成16年度以降、ロケット開発に携わる関連企業約370社のうち、54社が撤退の見込み。

<対応>

重要な機器・部品については、MHIとJAXAが協力、関連企業と連携し、再開発を実施しており、機器・部品が継続的に供給できるように対応してきている。

(2)産業界によると、国内の輸送系産業を維持するためには年間4機程度の打上げが必要。

<現状の計画>

平成23年度、4機の打上げ予定

3. 輸送系に関する将来計画の具体化の必要性

(1)現在及び将来のニーズにあった国際競争力を有するロケットを保持し続けるためには、新しいロケットシステムの開発が必要。これは輸送系の技術基盤(人材含む)の維持のためにも不可欠。(世界の各国においても、継続的なシステムレベルの改良、及び一定期間毎の新型ロケット開発を通じて技術基盤を維持している)

<対応>

すでにH-II開発時から25年程度経っており、輸送系の将来計画の検討を開始する時期

6. 輸送系の今後の方向性(1/2)

我が国の輸送系の経緯を踏まえ、現有の自立的な宇宙輸送能力を将来にわたって持続可能とするため、2013年頃まで現行のH-IIA/Bロケットの高性能化を図るとともに、今後の方向性として以下を提案する。

2020年頃までに、我が国が着実に進化させてきた基幹ロケット及びイプシロンロケットの2系統のロケットについて、これまで選択と集中により獲得してきた輸送系先進技術をさらに進化させて、小型から大型まで国内外の利用ニーズに格段の効率性をもって対応可能なラインアップを構築する。

【基幹ロケットについて】

1. 現行基幹ロケット(H-IIA/Bロケット)が保有する世界水準の先進技術(液体エンジン、構造・機構品、アビオニクス等)を進化させ、これらを効率的に統合して新型ロケットシステム(次期基幹ロケット)を開発し、機体・地上システム全体を刷新する。
2. 政府ミッションを効率的に打ち上げて我が国の宇宙開発利用を促進するとともに、高い国際競争力で商業打上げを受注して打上げ事業基盤の安定化を図る。
3. 獲得・成熟した先進技術は、官民が連携してコンポーネントレベルで海外展開し、打上げサービスのみでは限定されている事業規模を拡大することにより、基盤の強化を図る。

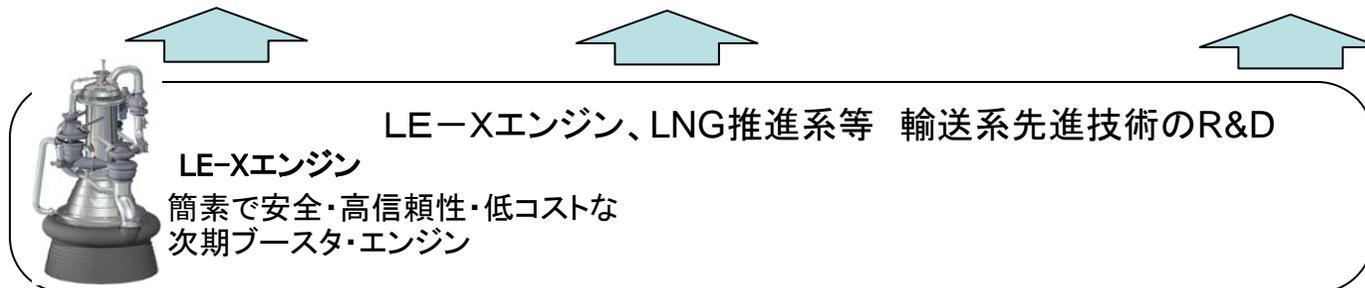
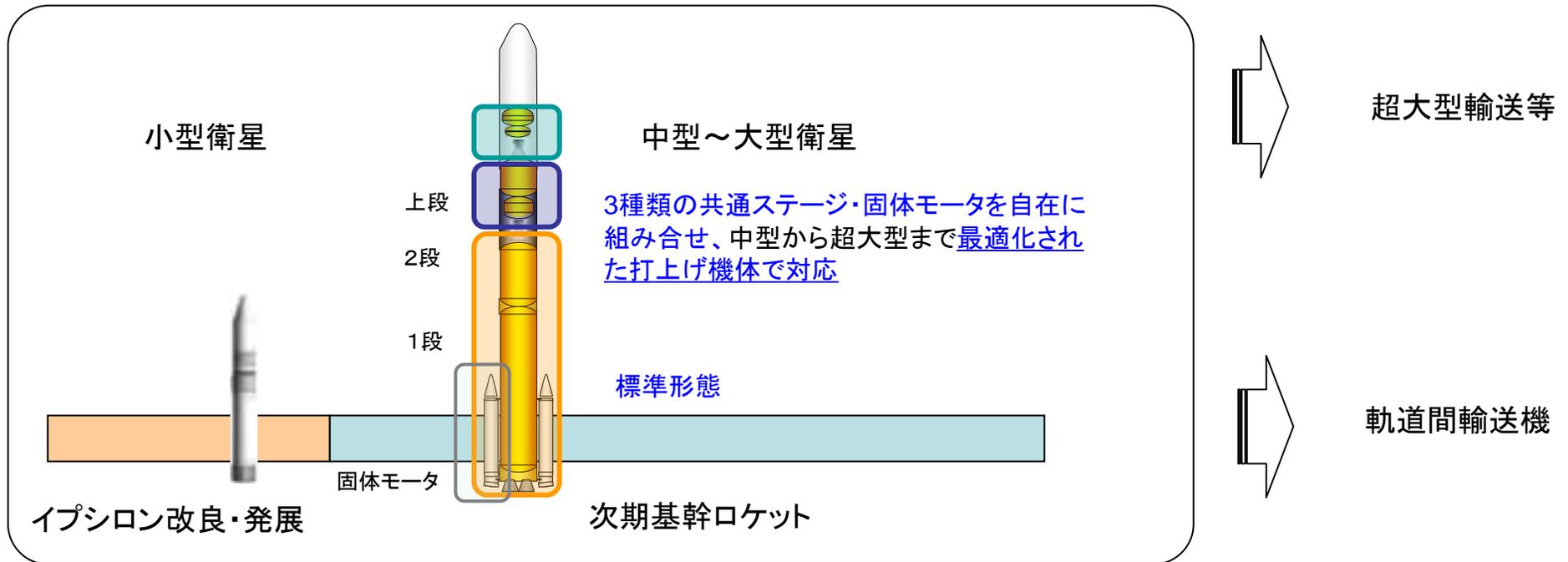
【イプシロンロケットについて】

1. 開発中のイプシロンロケットは運用に移行後も先進技術に基づく継続的な改良を重ね、利用ニーズの動向を踏まえて発展させる。
2. これにより小型衛星の普及を促進するとともに、輸送系先進技術の先行実証機(プリカーサー)の役割を果たす。

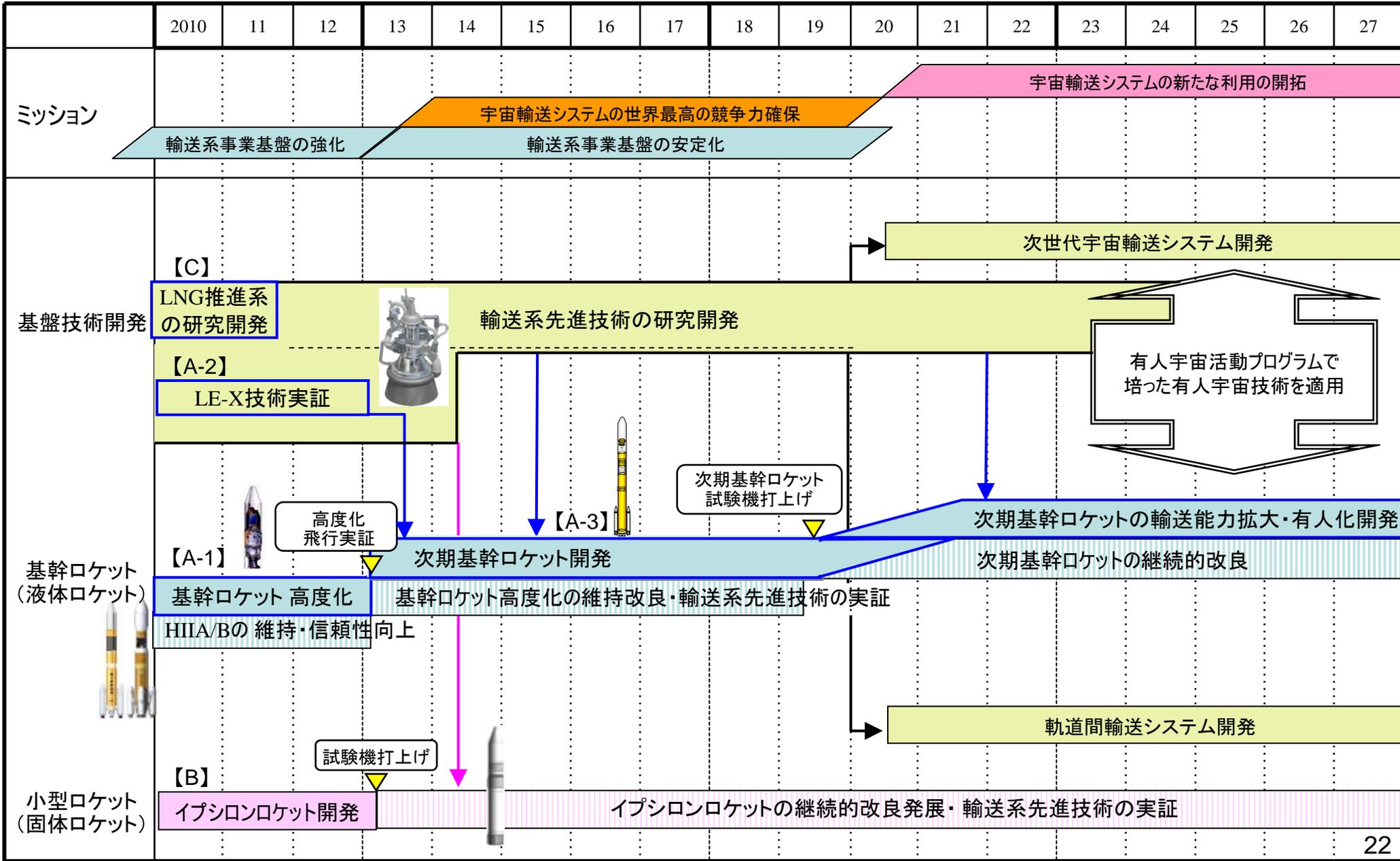
6. 輸送系の今後の方向性(2/2)

上記の開発を通じて高い安全性、信頼性、国際競争力を持つ技術基盤が確立される。
この技術基盤は、将来、超大型輸送や有人輸送に繋がらうるもの。

2020年頃の輸送系ラインアップ(例)



輸送系の開発イメージ

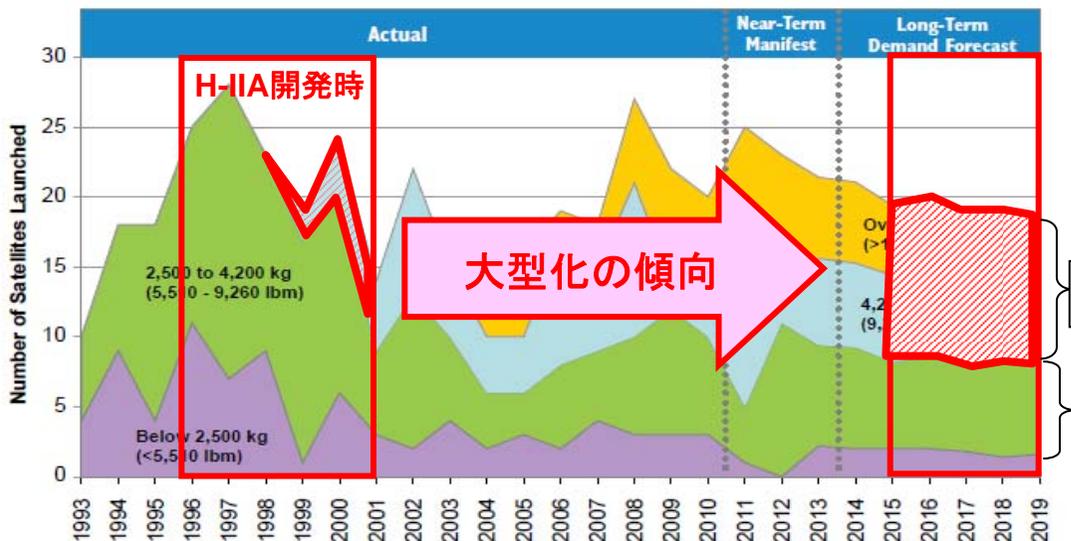


今後の取組

- A 基幹ロケット
 - A-1 基幹ロケット高度化
 - A-2 LE-Xエンジン技術実証
 - A-3 次期基幹ロケット
- B イプシロンロケット(小型固体ロケット)
- C LNG推進系の研究開発(LNGエンジン)

(参考)国内外の幅広い利用ニーズの動向

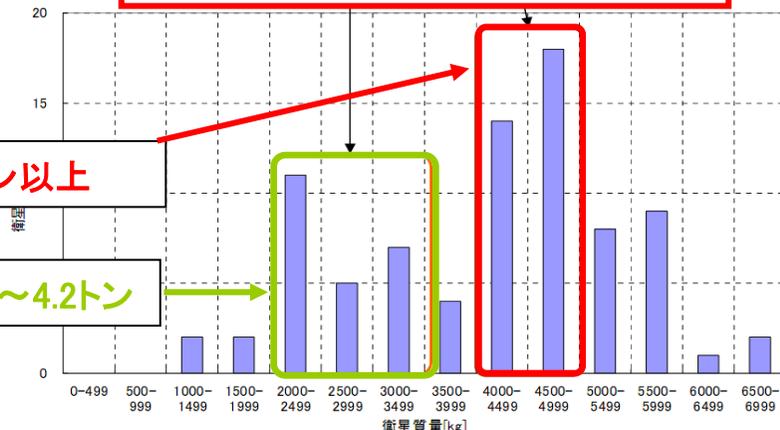
□ 商業静止衛星の需要動向－商業静止衛星は**GTO4.2トン以上の衛星が全体の半数以上**



(出典)COMSTAC2010

商業静止衛星の質量分布

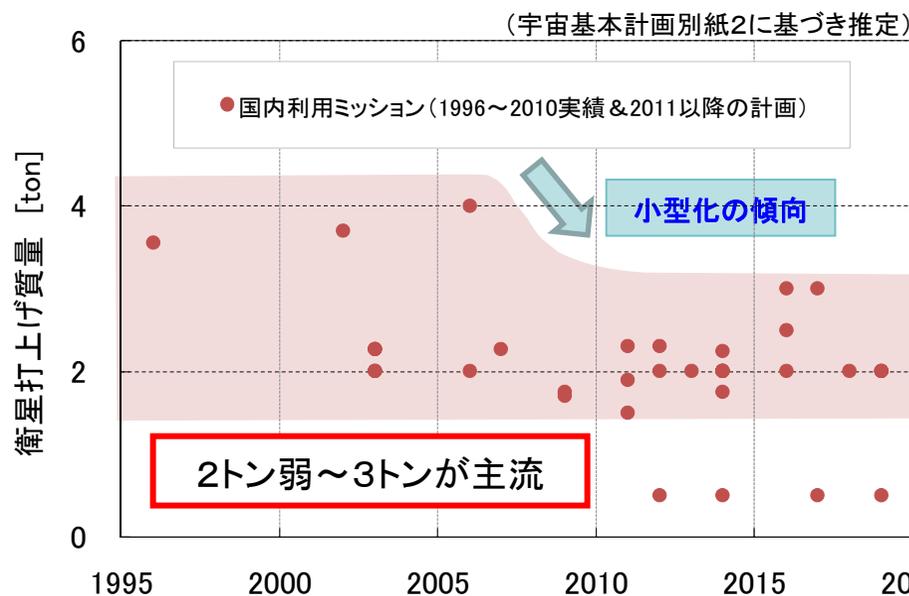
【2~3.5トン】と【4~5トン】にピーク



(2006~2008年の打上げ実績に基づく)

□ 国内の太陽同期衛星の需要動向

今後、国内の太陽同期衛星は、**3トン以下の中型衛星が主流**となる傾向(右図)。



(参考) 商業打上げ市場の動向

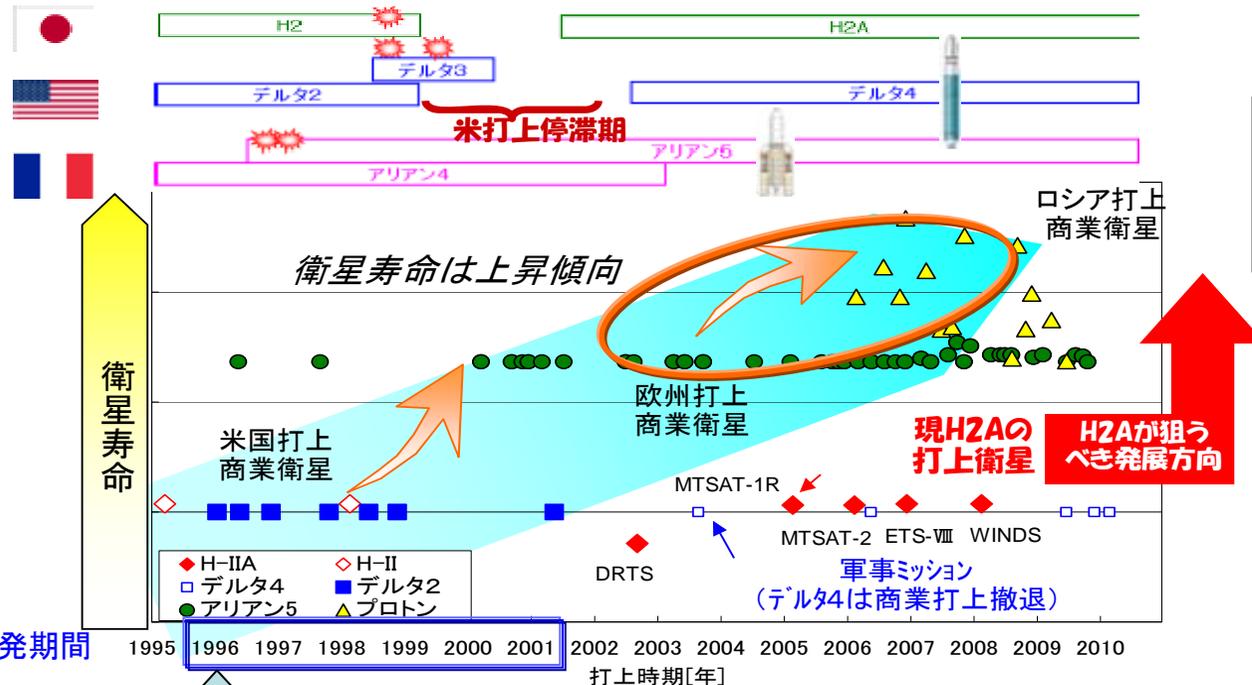
□ H-IIAロケット初号機が打ち上がった2001年以降、世界的に衛星寿命が急伸。H-IIAロケットは以下に示す商業市場の動向変化への対応が遅れている。

◆米国の停滞

- ✓ 1995年、米国でも商業市場での競争力を強化するため、発展型ロケットの開発に着手。しかしながら、1997~1998年の間、デルタロケットの打上げ失敗が続き、この影響で発展型ロケット開発に遅れが生じた。

◆アリアン5の市場シェア拡大

- ✓ 欧州はアリアン4の運用を継続しつつ、アリアン5への移行に成功。
- ✓ 赤道付近から打ち上げられるアリアン5の場合、ロケットから分離後、衛星が自ら静止軌道に移動するために消費する燃料が、中緯度の米国射場や種子島射場から打ち上げられる場合より少なく済む。このため、衛星を静止軌道上に保つのにより多くの燃料を使用することができ、寿命が5年程度延びる。
- ✓ 米国発展型ロケット開発が停滞する中、アリアン5は2000年頃から商業打上げ受注を拡大。それまでは米国射場から打上げた場合の軌道投入条件が市場の標準であったが、現在はアリアンによる軌道投入条件が標準となっている。



H-IIAロケット開発期間

↑ 米国衛星メーカー2社(ヒューズ・スペース&コミュニケーションズ社、スペース・システムズ・ロラール社)より合計20機のH-IIA打上げ契約を締結。(H-IIロケット8号機の失敗等の影響によりキャンセル。)

A-1 基幹ロケット高度化

基幹ロケット高度化で取り組む技術開発

□ 2段ステージの推進系、構造系、アビオニクス系の高機能化を中心としたシステム開発を行う。

1. ロングコースト機能獲得

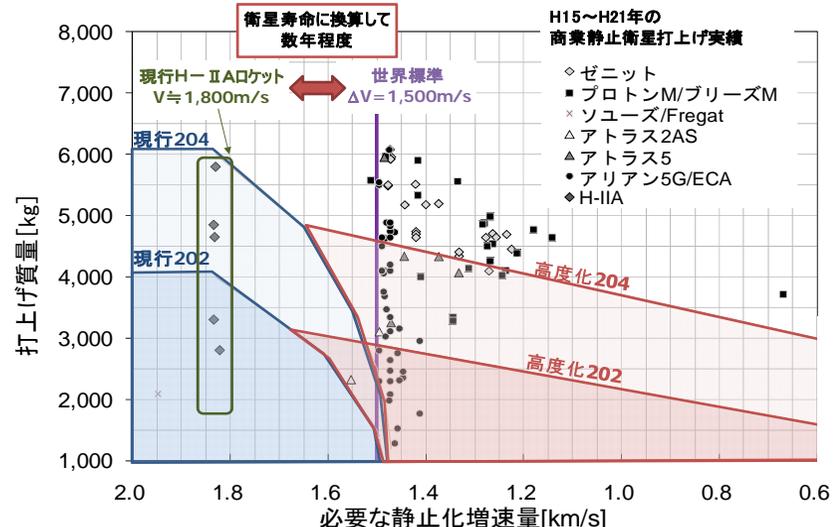
- ・推進薬蒸発量の低減技術の開発
- ・低出力スロットリング機能の獲得
- ・搭載機器の長秒時作動技術の獲得

2. 衛星衝撃環境の抜本的緩和

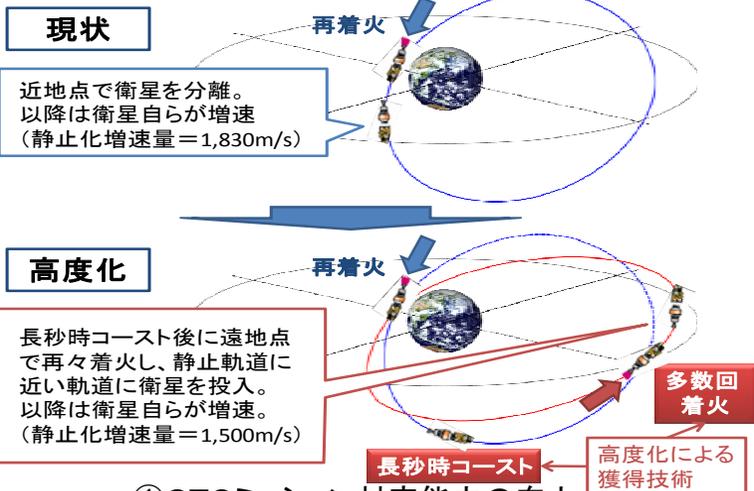
- ・火工品によらないメカニズムによる低衝撃衛星分離機構の開発

3. 飛行安全システム追尾系の高度化

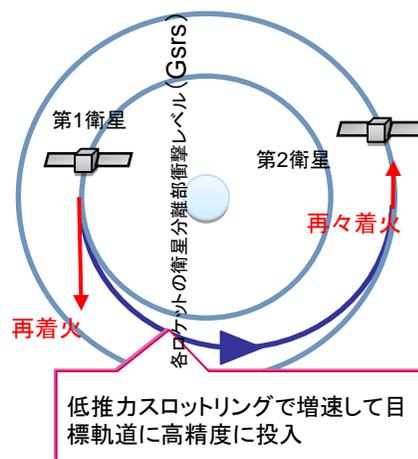
- ・機体搭載型航行安全用航法システム(レーダー代替)の開発



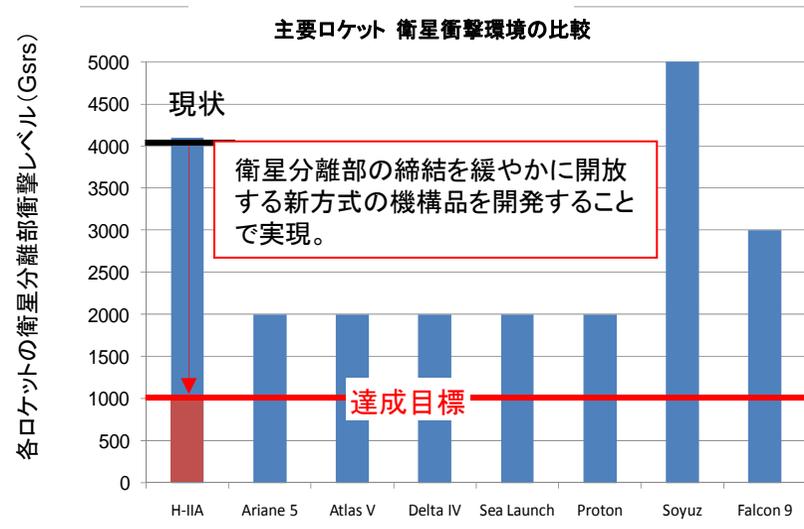
② 商業静止衛星の打上げ実績



① GTOミッション対応能力の向上



③ SSOミッション対応能力の向上



④ 主要ロケットの衛星衝撃環境の比較

複数衛星相乗り打上げ能力の向上

□ H-IIAロケットは複数衛星を上げる手段として、以下の機構を実用化している。

①主衛星(2トン級)を2機同時打上げるための機構

(実績)

- ・3号機(こだま/USERS)、・5号機、12号機(IGS/IGS)

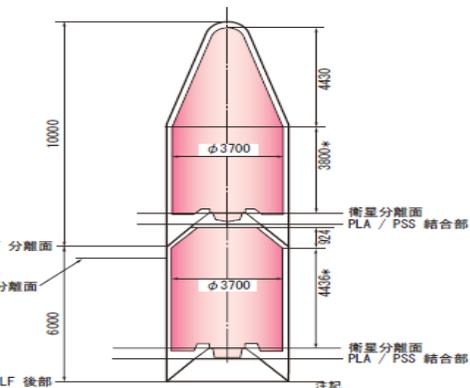
②主衛星に加え、小型副衛星(ピギーバック)を同時に打上げるための機構

(実績)

- ・4号機(みどり2、FedSat、WEOS、 μ -LabSat)
- ・15号機(いぶき、KAGAYAKI、KKS-1、PRISM、SDS-1、SOHLA-1、SPRITE-SAT、STARS)
- ・17号機(あかつき、IKAROS、KSAT、Negai☆”、UNITEC-1、WASEDA-SAT2)

□ 「あかつき」打上げでは、金星遷移軌道投入という特殊なミッションにおいて、余剰能力を最大限活用し、1機の惑星探査技術実証衛星(IKAROS)と4機の小型副衛星の打上げを実現。

□ H-IIAロケットの高度化開発で「上段エンジンの再々着火機能」を付与する予定。これにより異なる軌道へ2トン級衛星を2機高い精度で投入可能となり、より柔軟な打上げが可能となる。

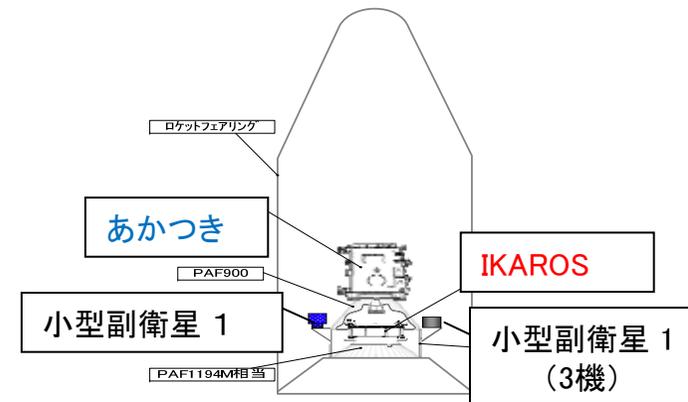


①主衛星2機搭載
(4/4D-LCフェアリング)



②主衛星1機+小型副衛星4機搭載(標準形態)
(4Sフェアリングの場合)

(※)4/4D-LCフェアリングの場合、さらに主衛星1機を搭載可能。



②17号機(あかつき)の場合
主衛星1機+副衛星1機+小型副衛星4機

A-2 LE-Xエンジン技術実証

【目的】

基幹ロケットの次期ブースタ・エンジンとして、**本質的に簡素で安全(故障時に爆発に至らない)・高信頼性・低コストな大推力エンジン**の成立性を実証する。

- LE-7Aエンジンと比べ実機コスト1/2を達成するエンジン設計・製造技術などの差別化技術を獲得。
- 信頼性・リスクの定量評価に基づく新たな開発手法を確立し、次期基幹ロケットの開発や有人輸送形態への派生に目処付け。



□ 世界で唯一日本が実用化に成功したエンジン形式を大推力化

□ LE-5、LE-7エンジンの開発・改良・運用で得た豊富な技術的知見、ノウハウを活用

□ 信頼性・リスクの定量評価に基づく新たな開発手法

□ 大型ロケットエンジンの高機能化(推力可変・多数回着火)、低コスト化



真空中推力:
148 tonf
真空中比推力:
430.5 秒
可変推力範囲:
100 - 60 %
着火回数:
2 回以上

- ◆ 信頼性 = LE-7A × 10
- ◆ 実機コスト = LE-7A × 1/2
- ◆ 開発期間 = LE-7 × 1/2
- ◆ 開発コスト = LE-7 × 1/2

LE-5、LE-7エンジン技術の発展:LE-Xへ

↑
推カレベル

GG Cycle (ガスジェネレータ)



- LE-5**
- 日本初の液酸/液水エンジン
 - 2段用エンジン

SC Cycle (2段燃焼)



LE-7

- 日本初の液酸/液水1段エンジン
- 日本初の2段燃焼サイクル
- 燃焼圧アップ



LE-7A

- 信頼性向上
- 製品コスト削減

Expander Bleed (EB) Cycle (エキスパンダブリード) LE-X

- 推カアップ
- 信頼性向上
- 製品コスト削減



- 推カアップ
- 比推カ向上
- 燃焼圧アップ
- 信頼性向上



LE-5A

- ノズルEB
- 推カアップ
- 2段用エンジン



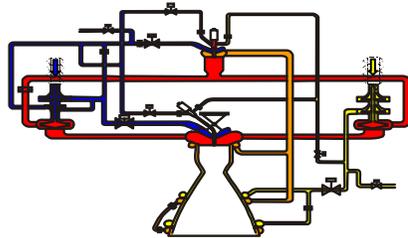
LE-5B

- 燃焼室EB
- 推カアップ
- 製品コスト削減
- 信頼性向上
- 推カ可変機能追加
- 2段用エンジン

LE-Xエンジンの特徴

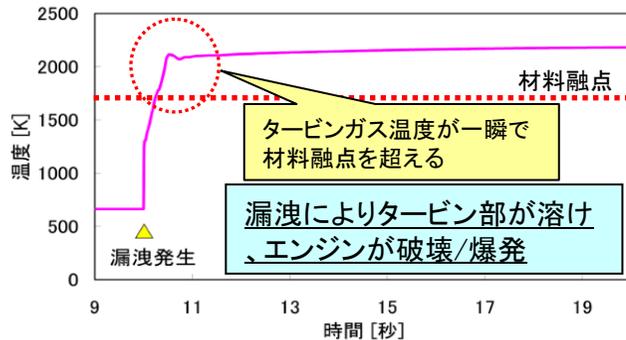
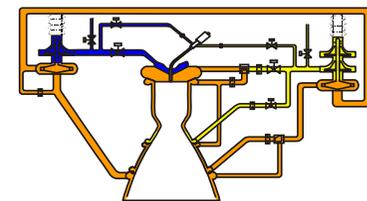
- ① 本質的に簡素で安全な(故障時に爆発に至らない)ことから、衛星打上げロケットに求められる信頼性・低コスト、有人ロケット・再使用型輸送系に求められる安全性のいずれについても世界に類のない特長と優位性。
- ② 安全に停止可能なためクラスタによる大推力化や冗長化に適する。有人ロケットにおいても搭乗員の脱出までの時間的余裕を確保可能。
- ③ 燃焼室の再生冷却のみでタービン駆動パワーを得ることから、ロバストな一方、燃焼室長の製造限界等で推力に上限あり。

現大型ロケットエンジン(LE-7A)	次期大型ロケットエンジン(LE-X)
・高温高圧の燃焼ガスが配管内に有り、爆発し易い	・低圧で燃焼ガスが配管内になく、爆発し難い
・部品点数が多く、起動、停止の制御が困難	・部品点数が少なく、制御が容易
・故障発生時には、溶損、爆発に至り易い	・故障時にも溶損・爆発に至らず、安全に停止可能

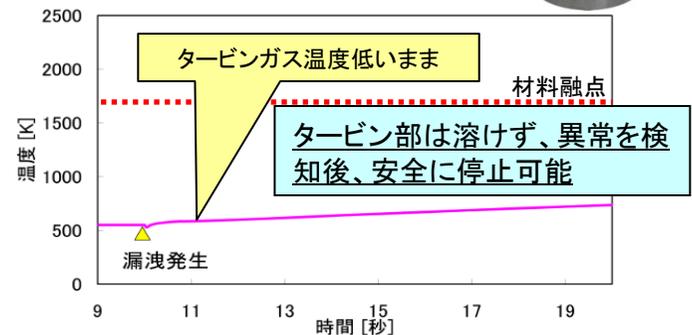


・高温/高圧部位削除
・部品点数削減

■ 低温
■ 中温
■ 高温(燃焼ガス)



燃料ポンプの下流配管から燃料が漏洩した場合を仮定し、ポンプを回すタービンに入るガス温度の変化を解析した例



LE-Xエンジン技術実証で取り組む技術開発

- 高度なシミュレーション技術と要素試験の組合せで現象を把握し、高い信頼性を確保。
- 信頼性・機能性能の設計検討と最先端の製造技術の組み合わせで、主要コンポーネントの実機コストを大幅に低減。

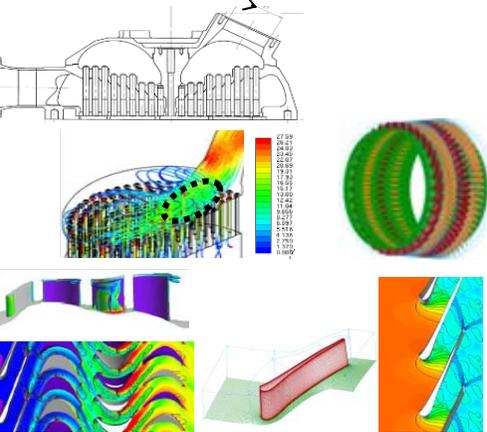
各種要素試験

(燃焼安定性、ターボポンプ軸振動、熱交換特性、超音速タービン効率等)



燃焼安定性・性能確認試験

シミュレーション技術



性能向上、コストダウン設計の妥当性検証
起動・過渡状態の現象把握

ターボポンプ 設計・製造技術



オープンインペラ、2段インデューサの採用
粉末冶金による一体成形

燃焼室 製造技術



長大燃焼室のしごき加工



HIP (Hot Isostatic Pressing) ろう付け

ノズルスカート 製造技術



スピン成形

極低温電動バルブ技術



- ・電動バルブによる推力・混合比自動制御で打上げ能力向上
- ・1回の領収燃焼試験で作動点調整
- ・圧力・温度ばらつき低減による信頼性向上

A-3 次期基幹ロケット

【目的】

国内外の幅広い利用ニーズに格段の効率性をもって対応可能なラインアップを構築することで、我が国の宇宙開発利用を促進する。

【システム・コンセプト(検討例)】

- これまで獲得してきた先進技術(液体エンジン、構造・機構品、アビオニクス等)をさらに進化させ、効率的に統合。
- 1段・2段・上段の液体共通ステージと固体モータを自在に組み合わせ、中型から超大型まで最適化された打上げ機体で効率的に打上げ、利用動向の変化に柔軟に対応。
- ステージから機器・部品まで簡素化・共通化を徹底し、打上げコストを大幅に低減。
- 射場等インフラをコンパクトで維持・保全の容易なものへと刷新し、維持費を大幅に低減。



B イプシロンロケット(1/2)

【目的・成果】

1. 小型衛星の単独・即応打上げ手段の提供

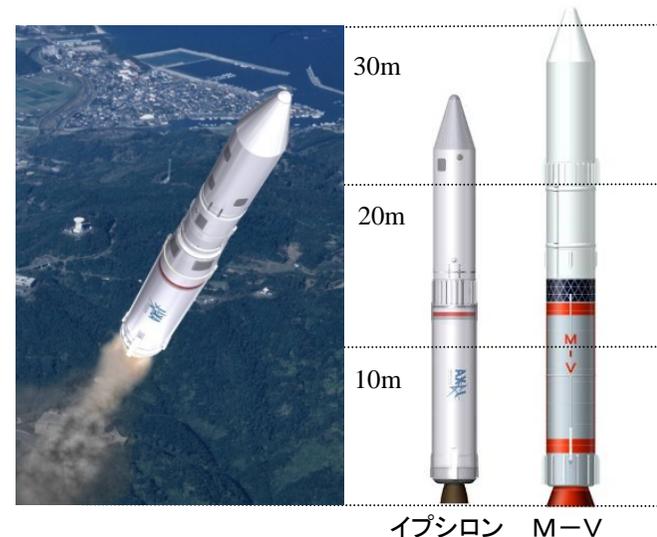
- ▶ 小型衛星標準バスとの組合せで「安価・高頻度・タイムリーな開発・運用」という小型衛星の特長を活かし、利用を喚起。
 - ・ 宇宙科学ミッションの迅速・高頻度・高効率な成果創出
 - ・ 通信、地球観測等の宇宙システムをパッケージとしてアジア等に海外展開
 - ・ 災害等の有事に際して宇宙からの情報収集手段を緊急展開
- ▶ 開発移行時に、計画されている16の小型科学衛星ミッションと経済産業省が推進する小型衛星1号機ミッションをカバーする打上げ能力を設定した。

2. 固体ロケットシステム技術の継承・発展

- ▶ 我が国が独自に培った固体ロケットシステム技術を継承し、機動性・即応性に優れる世界一の運用性を有する小型打上げシステムへ発展。

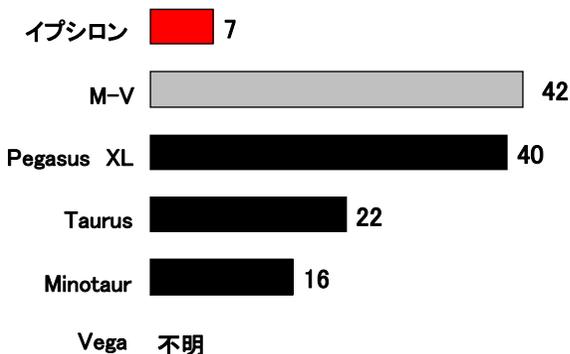
3. 輸送系先進技術の先行実証

- ▶ 運用に空白を設けることが許されない基幹ロケットの着実な進化に貢献。

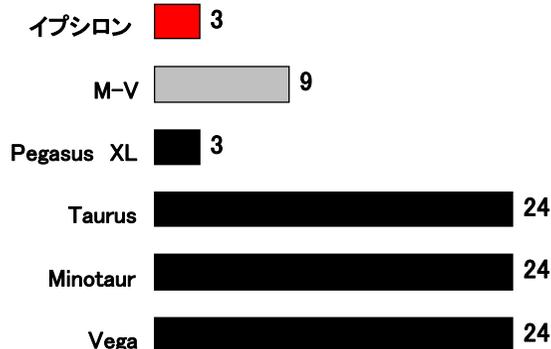


イプシロンロケットの機動性・即応性

1段射座据付から打上げ翌日まで(日)



衛星最終アクセスから打上げまで(時間)



項目	イプシロン (目標)	M-V (実績)
軌道投入能力		
・地球周回低軌道	1 2 0 0 k g	1 8 0 0 k g
・太陽同期軌道	4 5 0 k g	—
・軌道投入精度	液体ロケット並み	—
打上げコスト		7 5 億円
・定常運用時 (FY25)	3 8 億円	
・低コスト化 (FY29)	3 0 億円以下	
射場作業期間 (1段射座据付けから 打上げ翌日まで)	7 日	4 2 日
衛星最終アクセスから 打上げまで	3 時間	9 時間

(※) 小型衛星のニーズ(関係府省含む)に適合した軌道投入能力を設定。

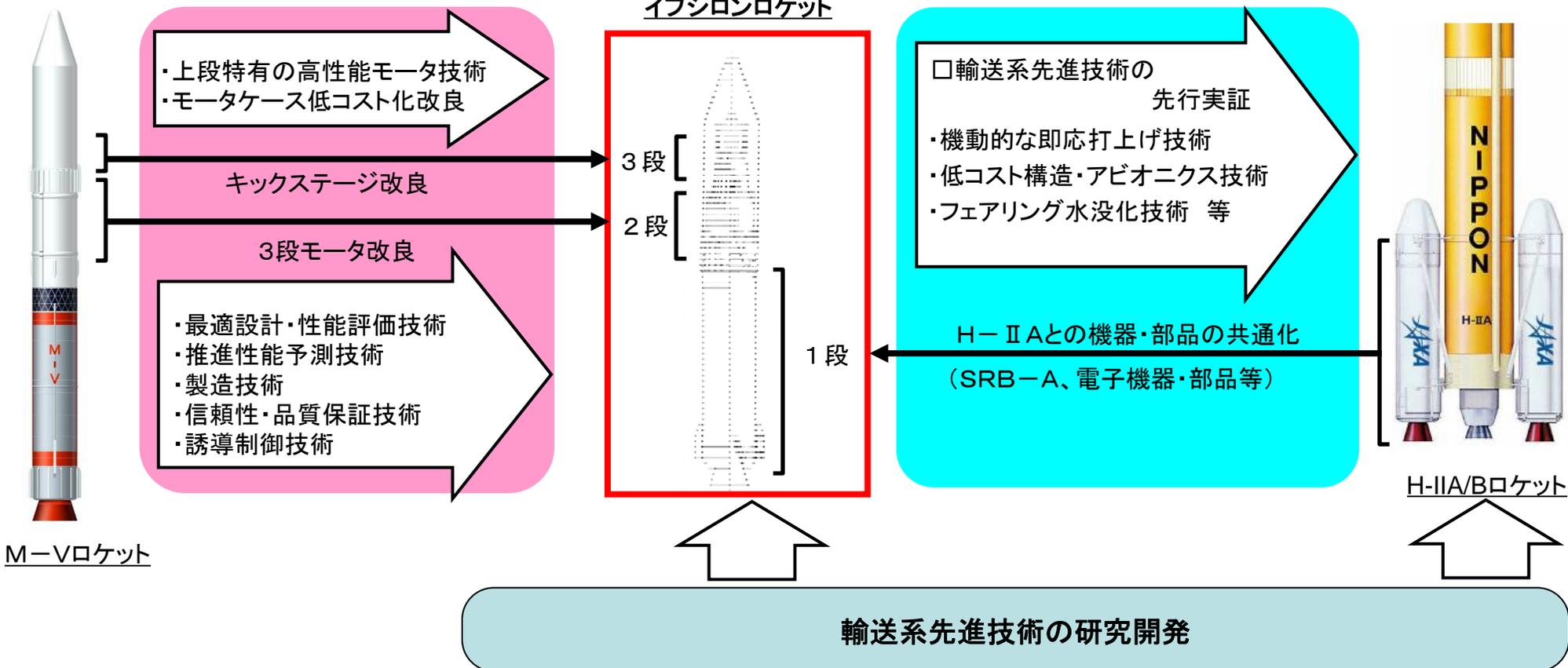
B イプシロンロケット(2/2)

イプシロンロケットで取り組む技術開発

- M-Vロケットの技術を継承し、H-IIAロケットの技術を活用・共通化。
- 輸送系先進技術を実証し、我が国の輸送システムの進化に向けたプリカーサとしての役割を果たす。

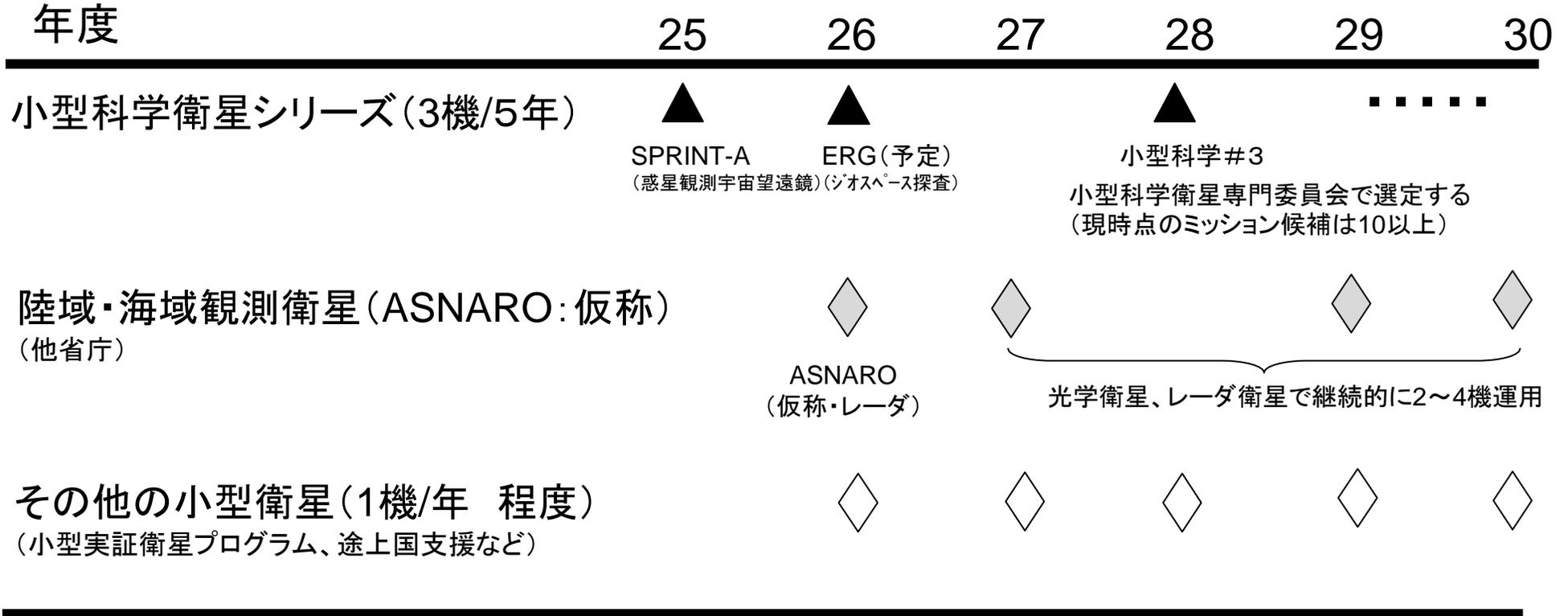
□ 我が国が独自に蓄積した固体ロケットシステム技術の継承・発展

- 機器・部品・技術の共通化と生産数増大による
 - ・ 調達、信頼性、品質の安定化
 - ・ 開発コスト、実機コスト低減



小型衛星のニーズ

(参考)

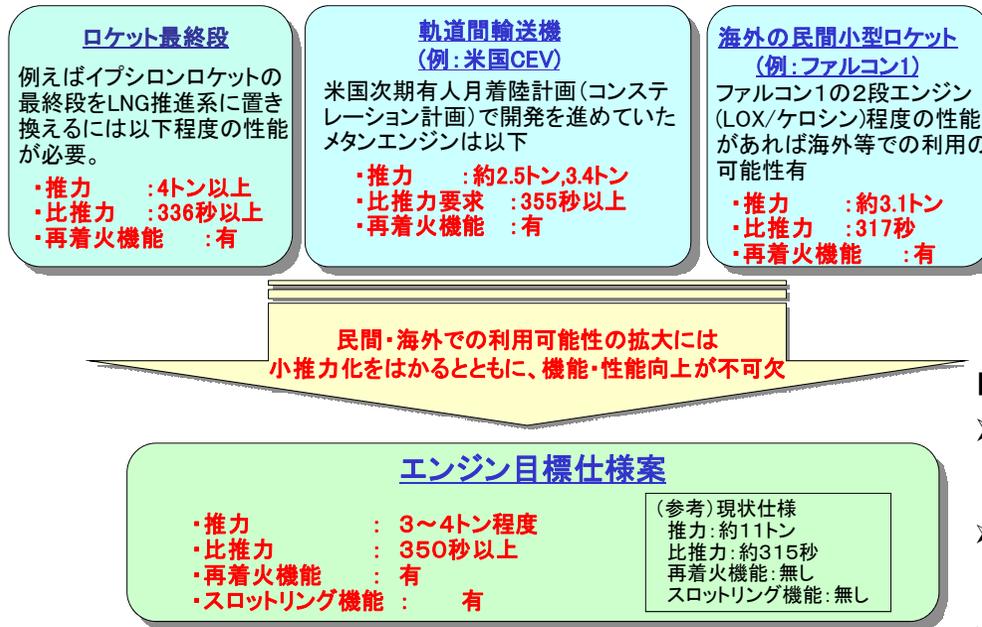


C LNG推進系の研究開発

【目的・成果】

汎用性のあるLNGエンジン基盤技術の確立

- 海外の開発動向を踏まえて、確立すべきLNGエンジンの目標仕様を設定(下図)。
- 将来的に国内外のロケットの推進系や軌道間輸送機などの推進系としての適用が考えられる汎用性のあるLNGエンジンの基盤技術を確立



【経緯】

平成21年12月の政府決定「GXロケット及びLNG推進系に係る対応について」を踏まえ、将来的に国内外のロケットの推進系や軌道間輸送機などの推進系としての適用が考えられる「汎用性のあるLNGエンジンの基盤技術の確立」に向け、必要な研究開発を推進している。

■エンジン性能の向上

- 高性能化
より効率的に推進薬(燃料)を燃焼させる技術
- 高機能化
再着火機能(飛行中に複数回エンジンを作動できる機能)等
- 高信頼性化

1. 高圧燃焼化に向けた取り組み
高圧燃焼化に向け重要な燃焼圧力とアブレータ損耗量の相関把握データの取得。

2. 高性能化、高機能化に係る
共通基盤研究
燃焼効率向上を目指した噴射器技術、多数回燃焼の基盤技術などを獲得。

■真空中性能の高精度予測

- 飛行中環境でのエンジン性能

3. 宇宙空間を模擬した環境での
試験の実施
高空燃焼試験(※)により、真空環境での性能特性データの取得を行い、より高精度な性能予測技術を獲得。

補足資料

補足1 我が国のロケットの開発経緯

補足2 諸外国の主要ロケットとの比較

補足3 世界各国のロケット開発の動向
欧州、米国、露、中国、インド

補足1

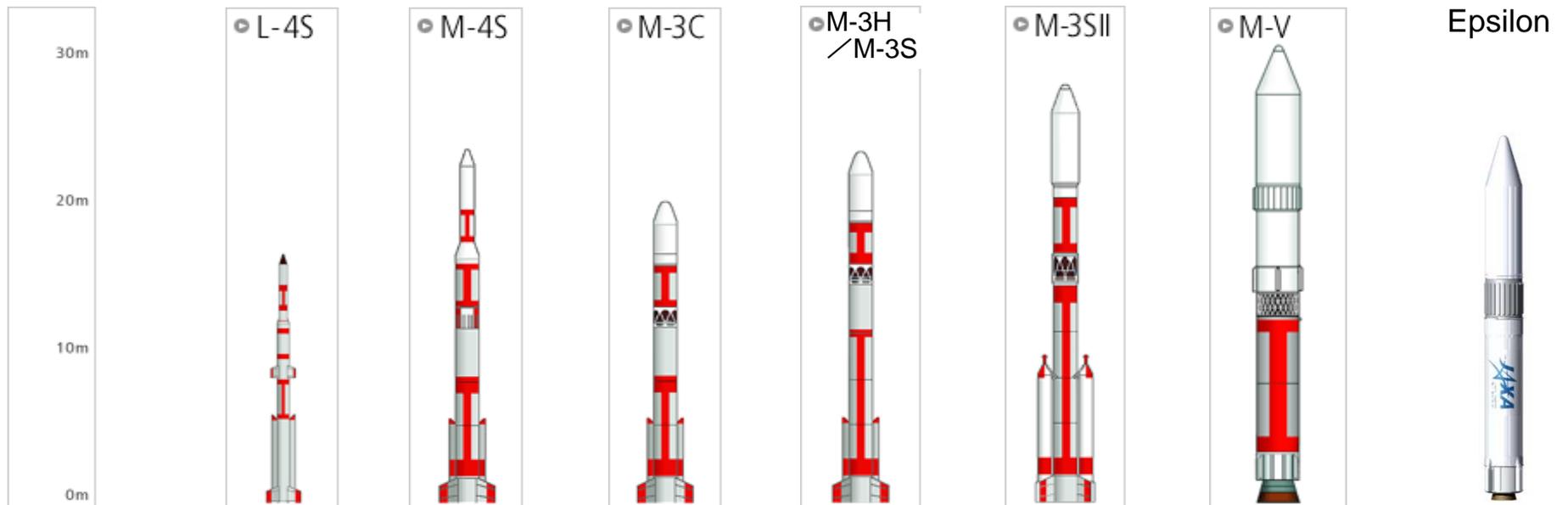
我が国のロケットの開発経緯

補足1-1 我が国の固体ロケットの開発経緯

補足1-2 我が国の液体ロケットの開発経緯

補足1-3 諸外国(欧米露)の主要液体ロケット開発の経緯

補足1-1 我が国の固体ロケットの開発経緯



	L-4S	M-4S	M-3C	M-3H/ M-3S	M-3S II	M-V	Epsilon
ロケットの概要	日本最初の人工衛星「おおすみ」打上げ	最初の科学衛星「しんせい」等を打上げ	推力方向制御等により軌道投入精度向上	打上げ能力向上	最初の地球脱出ミッション「さきがけ」「すいせい」等を打上げ	小惑星探査機「はやぶさ」等を打上げた世界最高性能の固体ロケット	機動性・効率性を目指して開発中の固体ロケット
打上げ能力 (LEO)	26kg	180kg	195kg	300kg	770kg	1800kg	1200kg
開発費	—	—	—	—	—	約325億円 (初号機、地上設備含む)	約205億円 (初号機、地上設備含む)
運用期間	1966～1970	1970～1972	1974～1979	3H: 1977～1978 3S: 1980～1984	1985～1995	1997～2006	2013 (TBD)-
打上げ実績 (成功数/打上げ数)	1/5	3/4	3/4	3H: 3/3 3S: 4/4	7/8	6/7	-

補足1-2 我が国の液体ロケットの開発経緯

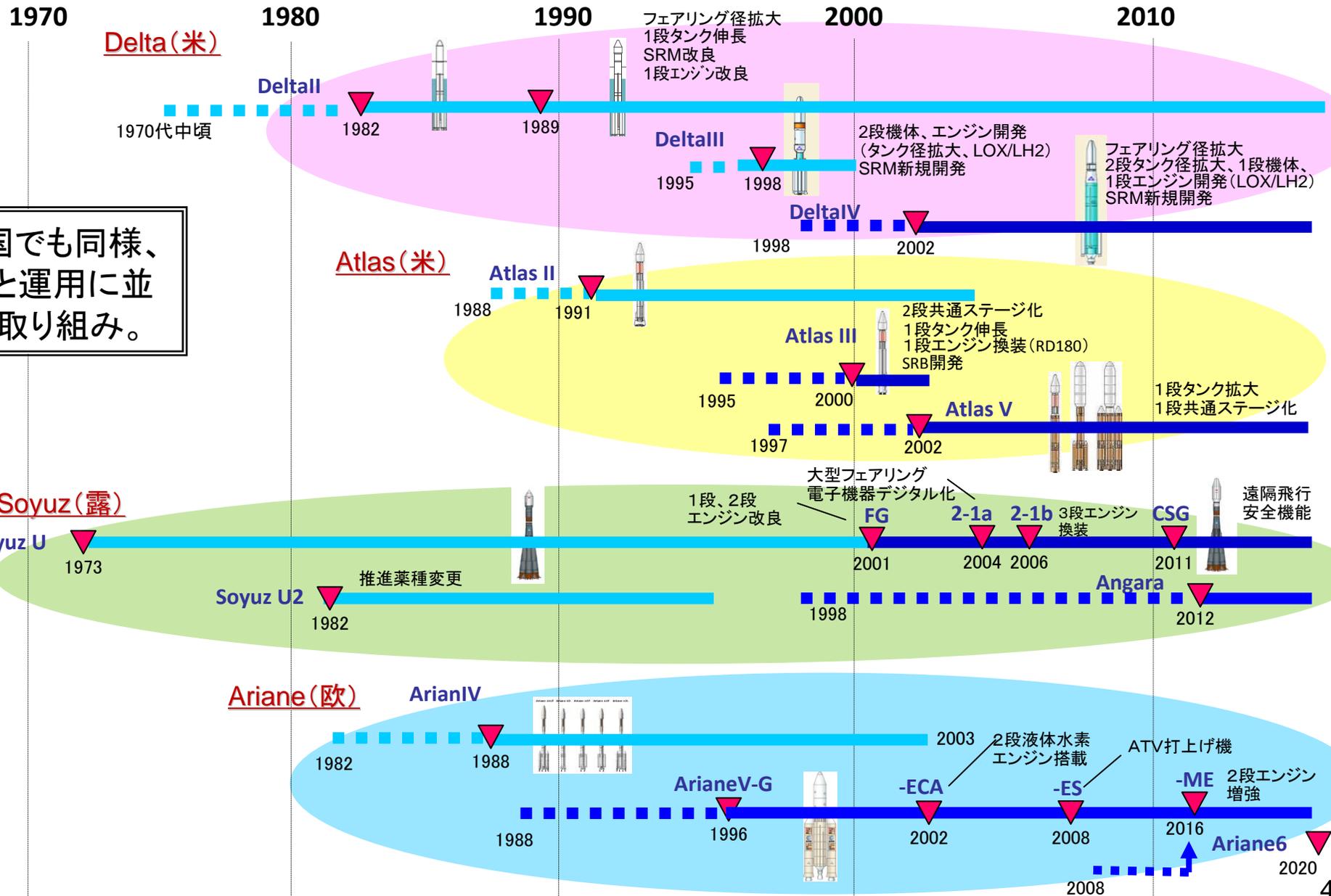


		N-I ロケット	N-II ロケット	H-I ロケット	H-II ロケット	H-II Aロケット	H-II Bロケット	
ロケットの概要		米国の「ソー・デルタ」ロケットを基本とし、2段の推進系のみ自主開発。	1段はライセンス生産。その他は米国から購入。(主要自主開発アイテムはなし)	1段はライセンス生産。慣性誘導装置(部品は一部海外調達)、2段/3段推進系を自主開発。	全段自主技術開発 純国産ロケット	全段自主技術開発 部品等を一部輸入	全段自主技術開発 部品等を一部輸入	
主要開発項目	2段	・LE-3エンジン (ヒドラジン系)	技術導入	・慣性誘導装置 ・LE-5エンジン (我が国初の液水/液酸エンジン)	・慣性誘導装置 (高性能化) ・LE-5Aエンジン (エンジンサイクル変更)	・慣性誘導装置 (小型化・低コスト化) ・LE-5Bエンジン (簡素化・信頼性向上)	—	
	1段	技術導入		技術導入	・LE-7エンジン (我が国初の高圧・大推力液水/液酸エンジン)	・LE-7Aエンジン (簡素化・信頼性向上)	・LE-7Aエンジン (簡素化・信頼性向上)	・1段大型(4m→5.2m) (摩擦攪拌溶接) ・1段エンジンクラスタ
	固体ブースタ				・SRB	・SRB-A (簡素化・信頼性向上)	—	—
	構造その他				・フェアリング	—	・フェアリング(大型化)	
打上げ能力(GSO)	130kg	350kg	550kg		2ton	2ton~3ton	4ton	
開発費	約940億円 (全号機の機体製作費含む)	約1300億円 (全号機の機体製作費含む)	約1600億円 (試験機1-3号機製作費含む)	約2700億円 (試験機1、2号機分を含む)	約1532億円 (ロケット信頼性向上含む)	271億円 (内、民間76億円)		
運用期間	1975~1982	1981~1987	1986~1992	1994~1999	2001~	2009~		
打上げ実績(失敗数)	6/7	8/8	9/9	5/7	17/18	2/2	40	

補足1-3 諸外国(欧米露)の主要ロケットの開発経緯

□ 諸外国においても5~10年程度でロケットのシステム開発を継続的に繰り返す。

諸外国でも同様、
開発と運用に並
行で取り組み。



補足2

諸外国の主要ロケットとの比較

補足2-1 打上げ実績の比較(国別)

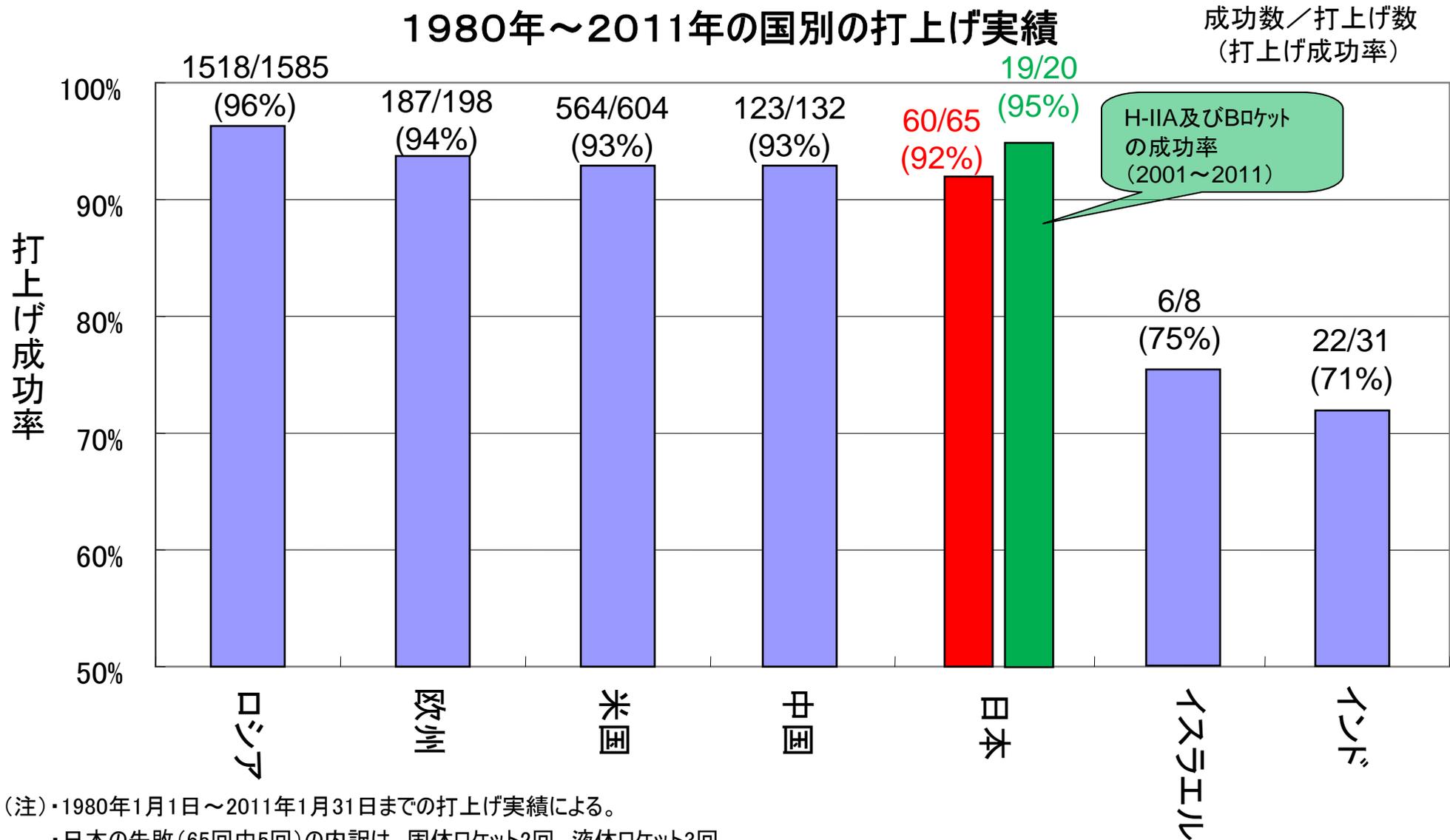
補足2-2 基幹ロケット打上げ事業に対する政府の取組みの比較

補足2-3 打上げ価格の比較

補足2-4 諸外国の輸送系ラインアップ(大・中・小型及び有人ロケット)

補足2-5 HTVーH-IIBと各国補給機の輸送コストの比較

補足2-1 打上げ実績の比較(国別)



(注)・1980年1月1日～2011年1月31日までの打上げ実績による。

・日本の失敗(65回中5回)の内訳は、固体ロケット2回、液体ロケット3回。

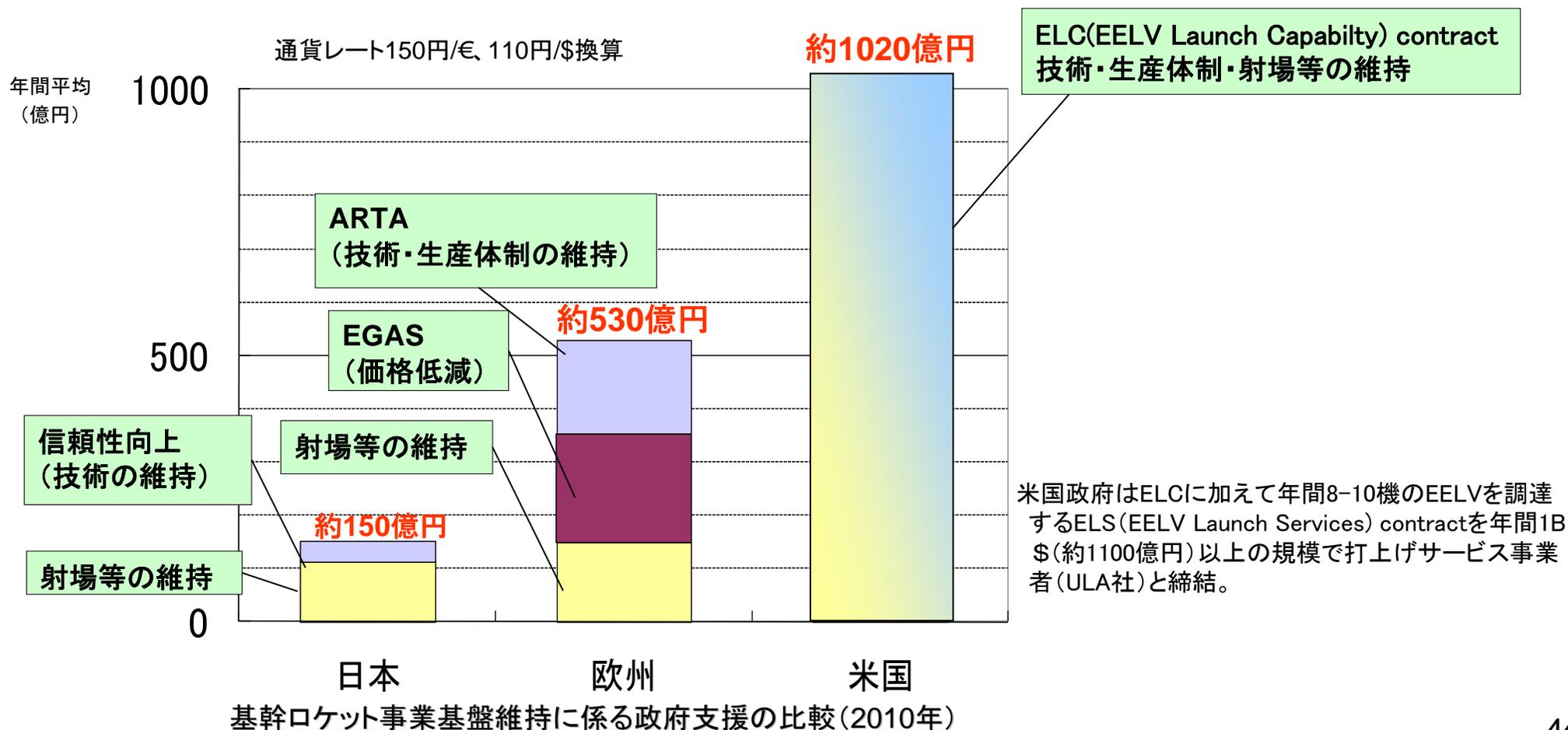
・ロシアは旧ソ連、ウクライナを含む

・上記分類をまたぐ多国籍企業(シーロンチ社、インターナショナルロンチサービス社、ユーロコット社、スターセム社)による打上げは除く

・成功率は小数点以下四捨五入

補足2-2 基幹ロケット打上げ事業に対する 政府の取組みの比較

- 欧米とも「宇宙への自在なアクセス手段の確保」を国の政策として宇宙輸送手段の確保、重点技術開発プログラムの維持、宇宙輸送産業の促進、打上げ事業基盤の維持・発展に相当規模の予算を投入することで基幹ロケット打上げ事業を強固に推進。



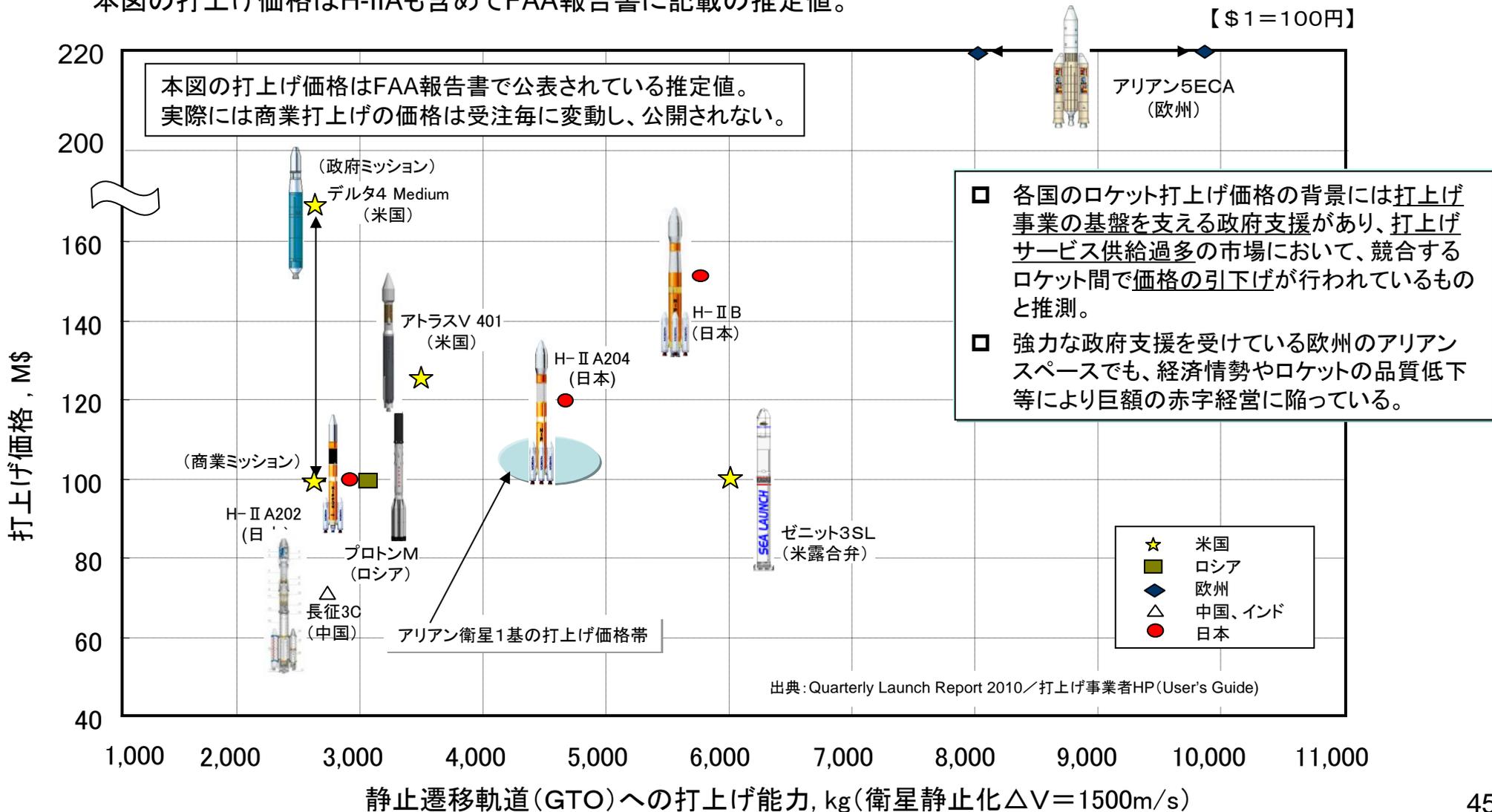
補足2-3 打上げ価格の比較(大型ロケット)

(注) 打上げ能力は、衛星寿命=約15年(静止化増速量=1500m/s)でプロット。

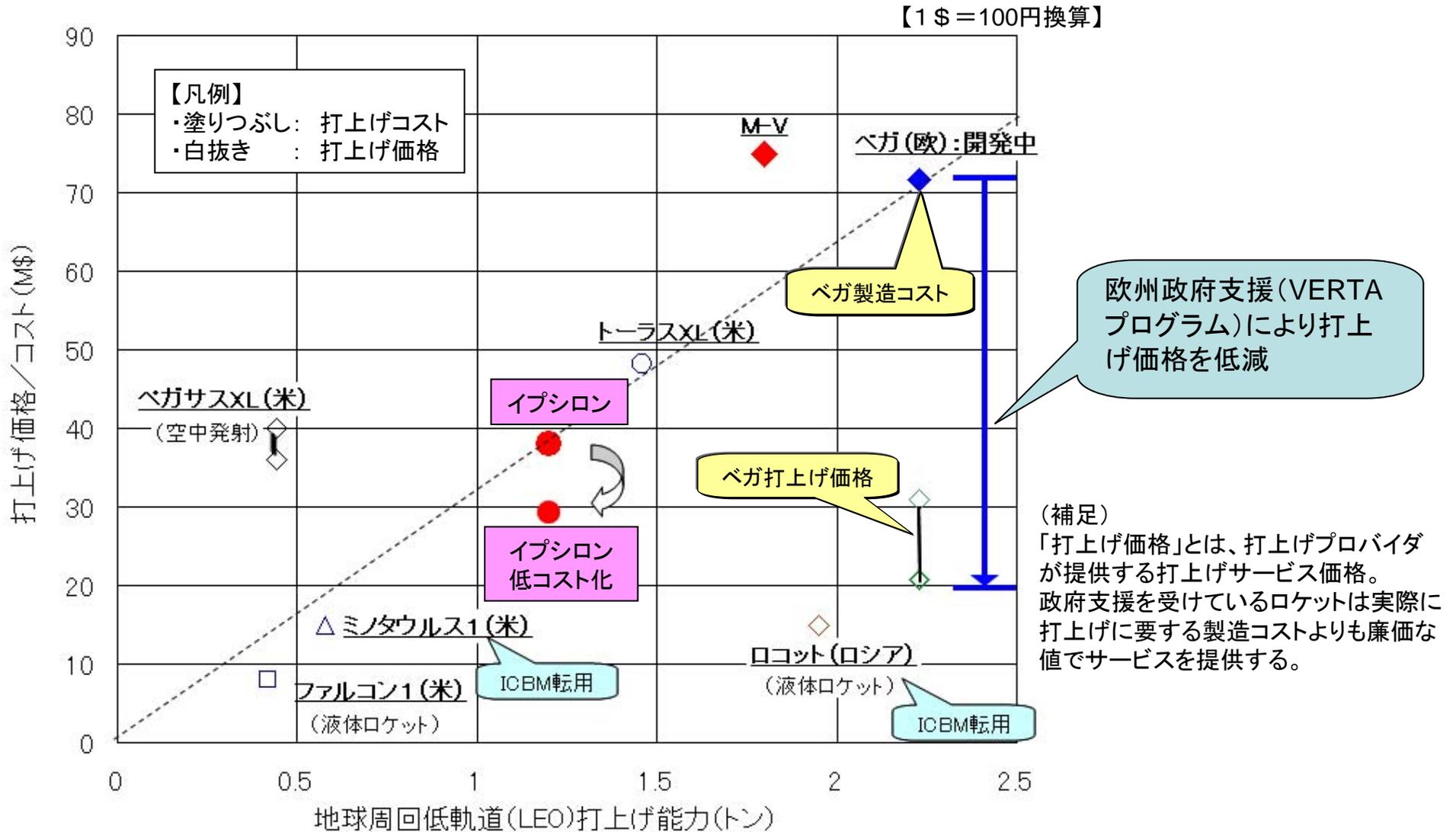
(H-II A/Bについては、現在計画中の高性能化後の数値)

商業打上げの価格は受注毎に変動し、公開されない。

本図の打上げ価格はH-IIAも含めてFAA報告書に記載の推定値。



補足2-3 打上げ価格の比較(小型ロケット)



海外ロケットデータの出典:

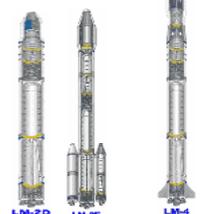
- ・FAA Launch Report
- ・NASAプレスリリース
- ・NASA予算書
- ・European Space Policy Monthly Report, December 2005 - page 5
- ・GSFC-1019C-1 Pegasus XL-HESI: Last-Minute Decisions in Flight-Based Launch 46

補足2-4 諸外国の輸送系ラインアップ (大・中・小型及び有人ロケット)

【欧州】

<小型>	<中型>	<大型>	<有人>
ベガ (2011年打上げ予定)	ソユーズ (2011年打上げ予定)	アリアン5	(模索中)
			

【中国】

<小型>	<中型>	<大型>	<有人>
長征6号 開発中	長征2号 長征4号	長征3号	長征2F号 長征7号 開発中
			

(※) 小型から大型まで柔軟に対応可能な長征5号開発中
(2014年打上げ予定)

【米国】

<小型>	<中型>	<大型>	<有人>
ファルコン1 トールラスXL	デルタ2 トールラス2	ファルコン9 デルタ4	アトラス5 スペースシャトル
			

【インド】

<小型>	<中型>	<大型>	<有人>
小型ロケットなし	PSLV GSLV	GSLV改良 (2012年打上げ予定)	計画中
			

【ロシア】

<小型>	<中型>	<大型>	<有人>
ロケット	ドニエプル	ソユーズ プロトンM	ソユーズ
			

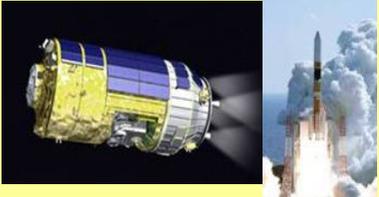
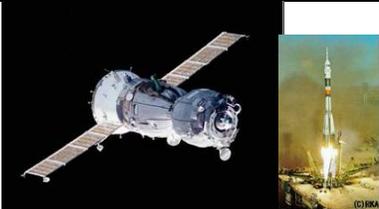
【日本】

<小型>	<中型>	<大型>	<有人>
イプシロン (2013年打上げ予定)	中型ロケット なし	H-IIA H-IIB	計画なし
			

(※) 小型から大型まで柔軟に対応可能なアンガラロケット(プロトン後継機)開発中(2013年打上げ予定)。

補足2-5 HTV-H-IIBと各国補給機の輸送コストの比較

□ HTV-H-IIBによる輸送コストは、諸外国の輸送機より優位にある(単位カーゴ重量あたりのコスト)

	HTV-H-IIB (日本)	ATV-Ariane5 (欧州)	プログレス-Soyuz (ロシア)	スペースシャトル (米国)	
補給機					
運用期間	2009年～	2008年～	1989年～(プログレスM以降)	1981年～	
ISSへの 物資補給能力	6トン	7.5トン	2トン	補給	9トン
				回収	9トン
総質量	16.5トン	20.5トン	7.2トン	94トン	
打上げロケット	H-IIBロケット	アリアン5ロケット	ソユーズロケット	スペースシャトルシステム	
輸送コスト単価	約47億円/トン*1	約58億円/トン*2	非公表	約76億円/トン*3	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・1.27m×1.27mの大型ハッチにより大型の船内機器を輸送可能 ・船外機器を輸送可能(現在はシャトル以外で唯一) ・ロボットアーム把持による日本独自のドッキング方式(世界で初めて当該方式のドッキングに成功) 	<ul style="list-style-type: none"> ・プログレスのドッキング技術を導入 ・ハッチ口は小さい(直径0.8m) ・ISSの軌道変更ができる ・ISSへ燃料補給ができる ・船外機器は搭載不可 	<ul style="list-style-type: none"> ・ハッチ口は小さい(直径0.8m) ・ISSの軌道変更ができる ・ISSへ燃料補給ができる ・船外機器は搭載不可 	<ul style="list-style-type: none"> ・2010年で、運用停止予定。 ・有人往還機。ISSからの物資回収も可能。 ・船外機器も搭載可能。 	

*1)280億/6トン、*2)436億/7.5トン(325Mユーロ:July9,2007Space News)、*3)コスト公表値から31機分平均として算出(換算レート:94円/ドル、134円/ユーロ(22年度支出官レート))

補足3

世界各国のロケット開発の動向

補足3-1 欧州の基幹ロケットに係る取り組み

補足3-2 米国の基幹ロケットに係る取り組み

補足3-3 米国における民間商業宇宙輸送の動向

補足3-4 ロシアの輸送系に係る取り組み

補足3-5 中国の輸送系に係る取り組み

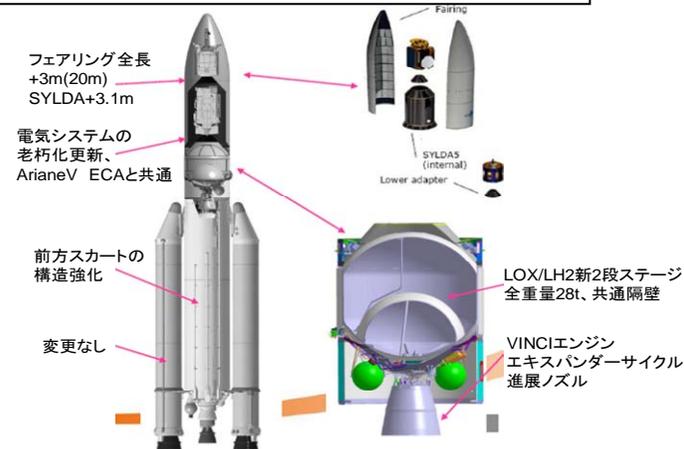
補足3-6 インドの輸送系に係る取り組み

補足3-1 欧州の基幹ロケットに係る取り組み

- フランス大統領は宇宙輸送は国にとって確実に戦略的優先分野であるとし、宇宙輸送の自立性確保のため、2012年ESA閣僚級会議ではアリアン5MEを開発を擁護することを約束。
- アリアン6について82.5M€を初期の研究開発に支出することを決定。

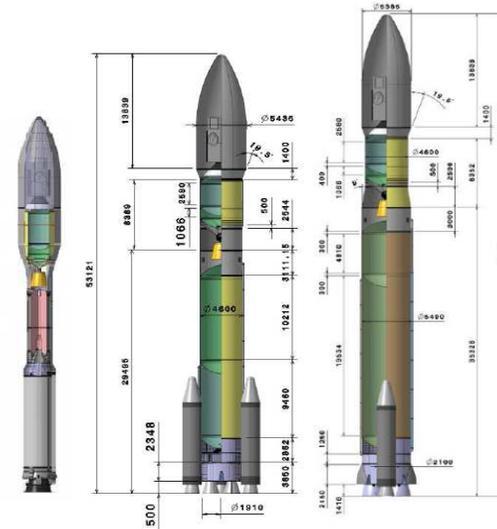
【欧州：アリアン5 ME－開発中】

- ①競争力の強化、②製造・運用費の低減、③衛星質量増加への対応を目的として取り組んでいるもの。
- 初号機打上げは2016年を予定。



【欧州：NGL (Next Generation Launcher)/アリアン6-計画策定中】

- アリアン5陳腐化(時代遅れ、デュアルランチによる顧客間の制約等)への対応として、欧州の需要に確実に対応するため、新たな輸送システムを準備することが急務として、CNES他3機関長から大統領へ提言。
- GTOに3トンから6～8トンまで、SSOに4トンまでのシングルランチをターゲットとした検討が進められており、並行して要素技術(Vulcain-Xエンジン等)の研究開発に着手。



NGL/アリアン6検討例

補足3-2 米国の基幹ロケットに係る取り組み

【米国：EELV用次世代上段エンジン（NGE：Next Generation Engine）-開発準備中】

- 現在、EELV(アトラス5とデルタ4)の上段ステージは、それぞれ異なるタイプのRL-10エンジンを使用。
- 米空軍(USAF)は、2010年9月に、EELV計画の新型上段エンジンに対するRFIを発出するなど、RL-10の代替エンジンの研究開発への着手を準備中。

現在のEELV上段エンジン



デルタ4



アトラス5



RL-10B-2



RL-10A-4-2

RL-10シリーズは設計から50年経過しており陳腐化。信頼性・性能ともに向上が必要

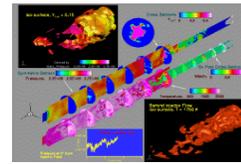
新たなEELV上段エンジン研究開発の枠組み

独自の研究開発

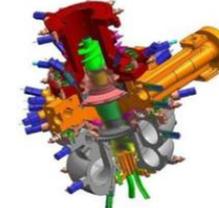
米空軍(USAF)

RFIの発出

AFRL(Air Force Research Laboratory)において、研究開発プログラム(USET: Upper Stage Engine Technology)が進行中



高精度シミュレーションに基づいた設計ツール群の構築



研究開発用ターボポンプによる検証

RFI

- 推力11~16トン
- lsp 465秒以上
- スロットリング機能
- 4回以上の再着火
- 3000秒以上の寿命
- 現行EELVにマッチするインタフェース

PWR

MHI

共同開発中のMB-35を提案

(直接提案は米国企業に限定されている)

補足3-3 米国における民間商業宇宙輸送の動向

【COTS/CRS 計画】

- NASAは、資金・技術援助により、民間による低軌道(LEO)及び国際宇宙ステーション(ISS)への物資及び有人輸送に必要な宇宙船/ロケットの開発を促進する政策を進めている。
- NASAは、2011年までのISSへのデモフライト(COTS: Commercial Orbital Transportation Services), 及び2011年以降の商業物資輸送サービス(CRS: Commercial Resupply Service)を提供する企業として、米スペースX(Falcon 9ロケット, Dragon宇宙船)と米オービタル・サイエンシズ(Taurus IIロケット, Cygnus宇宙船)の2社を選定した。
 - ✓ COTS契約では、NASAは
 - ・ Falcon 9、ISS補給カーゴDragon開発としてSpace X社に\$278Mを拠出。
 - ・ Taurus 2、ISS補給カーゴCygnusの開発としてOSC社に\$170Mを拠出。(Orbital社が\$150Mを支出。)
 - ✓ CRS契約では、ISSへ20トン以上の貨物を輸送することが規定されており、現時点でNASAが発注した飛行回数は、OSC社が8回(契約金額約19億ドル)、スペースX社が12回(同約16億ドル)を契約。
- Taurus IIロケットの初打上げは、2011年に実施される予定。
- Falcon 9ロケットは、2010年6月に初打上げに成功し、同年12月にはDragon宇宙船の打上げ・再突入に成功している。



Dragon宇宙船



Cygnus宇宙船



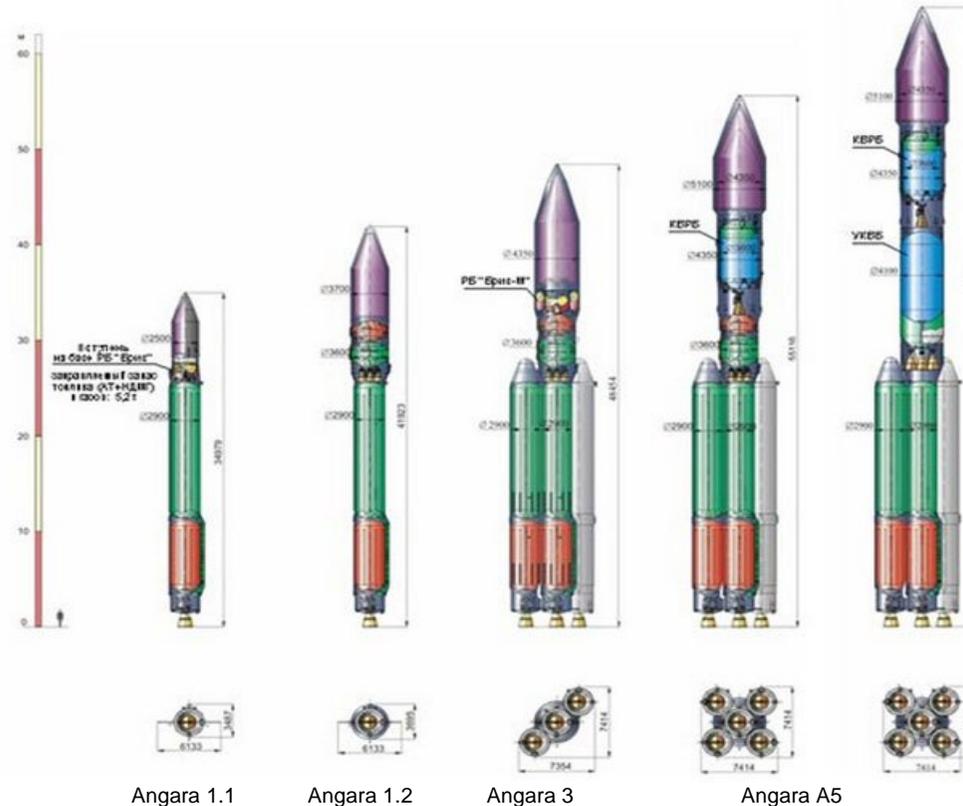
Taurus II



Falcon 9

補足3-4 ロシアの輸送系に係る取組み(1/2)

- ロシアの宇宙計画は連邦宇宙局(FSA)と国防省傘下のロシア宇宙軍(VKS)を中心に進められており、ロシア政府が承認した連邦宇宙計画(2006~2015年)の宇宙プログラムに基づき、活動を進めている。
- 2020年までの宇宙政策の優先度付けにおいて、1番目に宇宙空間への自由なアクセスを確保するためのヴォストーチヌイ宇宙基地の建設作業の加速、2番目にアンガラロケットの開発が挙げており、国の政策として明確に位置づけている。
- アンガラロケットはプロトンロケットの後継機で、ファミリー化により軽量級から重量級までの様々なペイロードの打上げに対応する計画。



アンガラシリーズ

補足3-4 ロシアの輸送系に係る取組み(2/2)

□ アンガラシリーズ

- ✓ アンガラロケットは共通コアブースタ(CCB)によるファミリー化により、軽量級から重量級までの様々なペイロードの打上げに対応している。フルニチェフ社が開発を行っている。打上げ能力はGTOに2.4~12.5トン、LEOに2~35トンをターゲットとしている。
- ✓ 共通コアブースタのエンジンには、新型の液体酸素/ケロシンエンジンであるRD-191Mが使用される。2009年に共通コアブースタの地上燃焼試験、2010年に2段の燃焼試験に成功した。
- ✓ 試験機の打上げは、2013年にプレセツク射場で実施される予定。



アンガラロケット



共通コアブースタ(CCB)

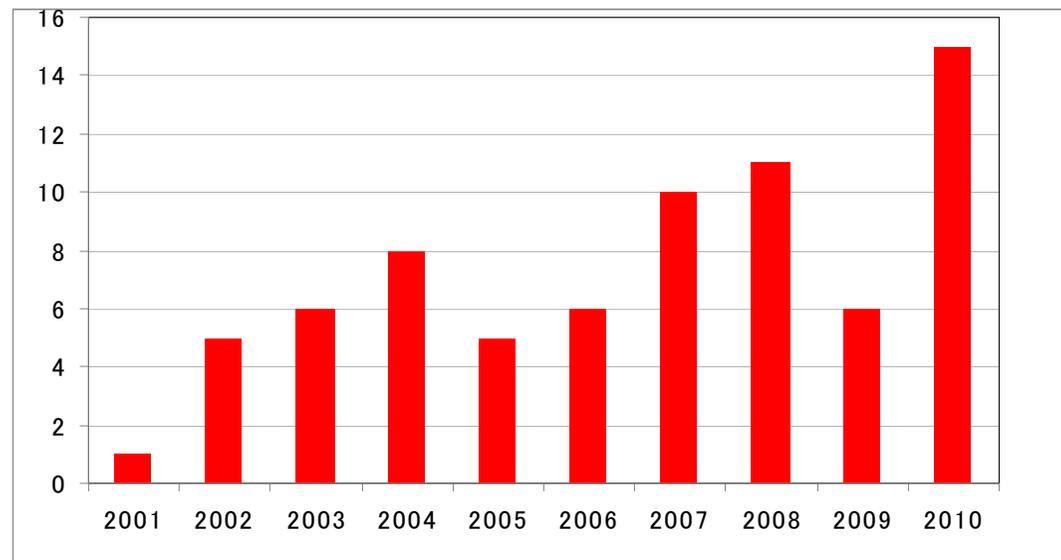


CCB燃焼試験状況

補足3-5 中国の輸送系に係る取り組み(1/2)

- 中国の宇宙計画の優先分野と予算配分は経済5ヶ年計画の一部である「国家科学技術開発5ヶ年計画」で定められており、第11次五ヶ年計画(2006～2010年)において、3つある重点的に取り組む事項の1つとして次世代ロケット「長征5号」の開発に取り組むとされている。
- 長征5号は軽量級から重量級まで、打上げサービス市場や宇宙ステーション用の大型補給機等の打上げなどに柔軟に対応可能とするものであり、かつ、国内のロケット技術開発能力維持等を目的としている。
- 以降、2009年に長征6号(小型ロケット)、2010年に長征7号(有人打上げ用)の開発プログラムを立ち上げ、現在3種類のロケット開発に取り組んでいる。
 - ✓長征5号: 打上げ能力最大、LEO25トン級。2014年打上げ予定。
 - ✓長征6号: 無毒推進薬による無公害エンジンを採用予定。2013年打上げ予定。
 - ✓長征7号: 2010年に有人宇宙船Chang'eを打上げた長征2Fの後継機、有人打上げ用ロケット。

中国では地球観測衛星、航行測位衛星等の打上げ数が増加傾向。



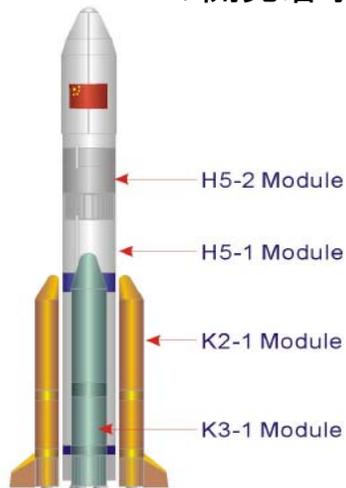
ロケット年間打上げ数の推移

補足3-5 中国の輸送系に係る取り組み(2/2)

【中国の10~20年後に向けた動向】

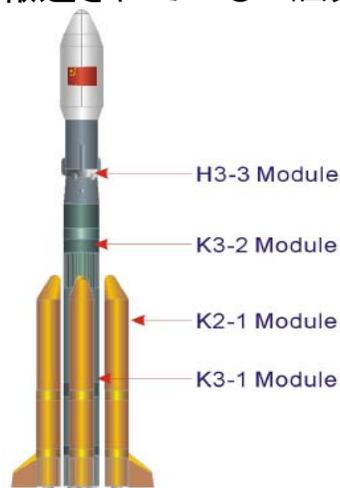
□ 長征5号, 6号, 7号

- ✓ 中国は、将来の打上げサービス市場、大型宇宙ステーション打上げへの対応、国内ロケット技術開発能力の維持等を目的として次世代ロケットを開発中である。
- ✓ 次世代長征シリーズは、様々な打上げ需要に対応するため、モジュール化を試行し、2つの新型エンジンを開発を用いた3つの基本クラス(コア機体直径5m, 3.35m, 2.25m)で構成され、GTOに1.5~14トン、LEOに25トンまでの打上げ能力をターゲットとしている。
- ✓ 初号機の打上げは、2014年と報道されている。
- ✓ 小型、中型クラスの長征6号, 7号, 及び、上段LOX/ケロシンエンジン(推力18トン, 2段燃焼サイクル)の開発着手も報道されている。(出典:2011/1/11付 Aviation Week)



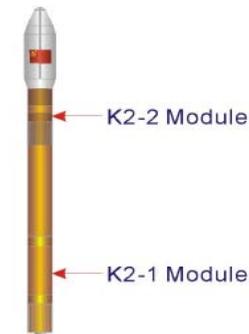
Base Type 1

- ✓ 5m Stage-1 & 2
- ✓ Two 3.35m-boosters
- ✓ Two 2.25m-boosters



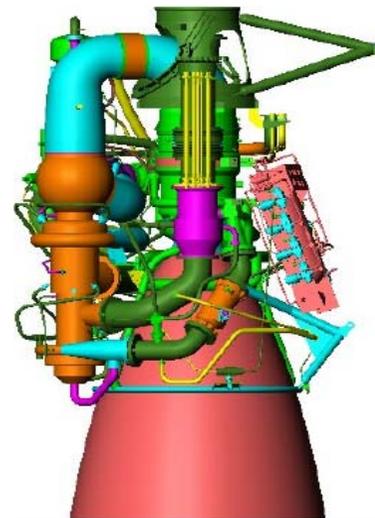
Base Type 2

- ✓ 3.35m Stage-1 & 2
- ✓ 3m Stage-3
- ✓ Four 2.25m-boosters

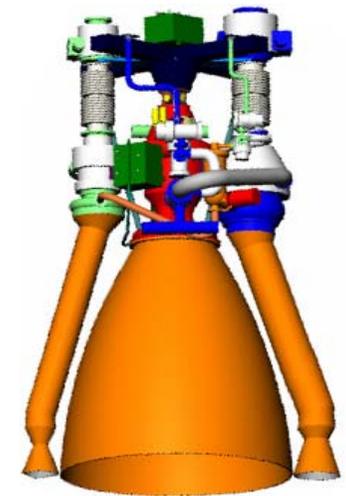


Small LV

- ✓ 2.25m Stage-1 & 2



120トン級
LOX/ケロシンエンジン



50トン級
LOX/LH2エンジン

次世代長征シリーズ

補足3-6 インドの輸送系に係る取組み(1/3)

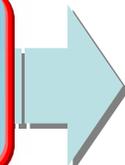
□ インド宇宙プログラムの実施推進機関であるISRO は宇宙省(DOS) の傘下で、インド政府計画委員会が承認した第11次五ヵ年計画(2007~2012年)の宇宙プログラムに基づき、活動を進めている。

□ 特に輸送系については、以下の2つを理由に自国で輸送手段を確保することとしている。

- ✓ コストの問題 (外国の打上げ機を購入するより安く打ち上げられること)
- ✓ 自在性の問題 (外国の打上げ機に不具合等があった場合、宇宙開発計画に支障がでること)

＜第11次五ヵ年計画＞

MISSIONS	11th PLAN						
	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13
EARTH OBSERVATIONS	CARTOSAT-2	Commercial Launches of AGILE and TECSAR	TWSAT CARTOSAT-2A CARTOSAT-2B OCEANSAT-2	RESOURCESAT-2 MEGHA-TROPIQUES RISAT-1 INSAT-3D	TES-HY3 ALTIKA-ARGOS GEO-HR	RESOURCESAT-3 DMSAR-1 CARTOSAT-3	RISAT-3 OCEANSAT-3
SATELLITE COMMUNICATIONS & NAVIGATION	INSAT-4C INSAT-4B	INSAT-4CR	GSAT-4 GSAT-5 (GLONASS N1)	GSAT-6 GSAT-8 GSAT-9 IRNSS-1 IRNSS-2 (GLONASS N2)	ACTS-1(F) GSAT-7 GSAT-10 IRNSS-3 IRNSS-4	GSAT-11 GSAT-12 GSAT-13 IRNSS-5 IRNSS-6	ACTS-2 GSAT-14 GSAT-15 IRNSS-7
SPACE SCIENCE & ENVIRONMENT	SRE-1		CHANDRAYAAN-1	ASTROSAT SRE-2	CHANDRAYAAN-2 I-STAG	ADITY-1 SENSE-P SENSE-E ITM-1	
LAUNCH VEHICLES	F2 C7	PSLV-C8&10 GSLV-F4	PSLV-C9, C11-13 GSLV-F3, F5, D3	PSLV-C14-19 GSLV-F6-F9	PSLV-C20-23 GSLV-F9-13	PSLV-C24-28 GSLV-F14-16	



ロケットの開発・運用を5ヶ年計画の中で明確に位置付け

RISAT – Radar Imaging Satellite, SRE – Space capsule Recovery Experiment, TWSAT – Third World Satellite, IRNSS – Indian Regional Navigation Satellite System

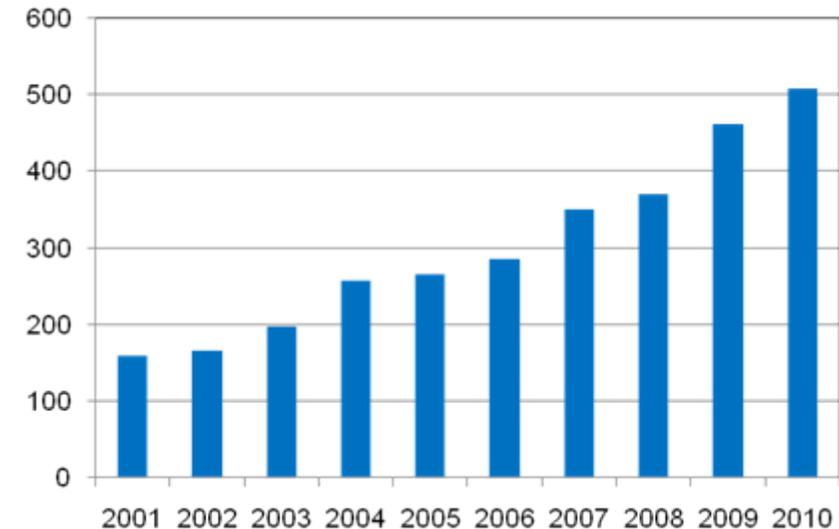
補足3-6 インドの輸送系に係る取組み(2/3)

- 現在の輸送系に係る主な取組みは、インドの主カロケットで運用中のGSLVについて、自立的な宇宙輸送能力を保持すること等を目的として、GTO4トン級の打上げに対応可能なよう開発に取り組んでいるところである。(2012年打上げ予定)
- インドの宇宙開発予算の中で輸送系の占める割合は年々増加し、2010年予算では全体の45%を占める。
- 第11次5ヶ年計画の宇宙輸送分野における主要目標は以下の通り。

<宇宙輸送システム分野での主要目標>

- ✓ 静止衛星打上げ用ロケット「GSLV-MkIII」の運用開始
- ✓ 完璧なペイロード回収及び再突入技術
- ✓ 再使用型ロケット技術実証機(RLV-TD : Technology Demonstrator of a Reusable Launch Vehicle)の打上げ
- ✓ 有人ミッションの基幹技術

(億円)



インドの輸送系予算の推移

補足3-6 インドの輸送系に係る取組み(3/3)

【インドの10~20年後に向けた動向】

□ GSLV Mk-III(LVM3)

- ✓ 現在のインドの主力ロケットであるGSLVのGTO打上げ能力は2200kgであるが、自立的な宇宙輸送能力を保持すること等を目的として、GTO 4000kgの打上げ能力を持つロケットを開発中である。
- ✓ GSLV Mk-IIIは、3段式のロケットで、推進薬110トンの液体コアステージ(L-110)、2本の推進薬200トンの固体ロケットブースタ(S-200)、LOX/LH2エンジン(CE20)を用いた推進薬25トンの上段ステージ(C-25)から構成される。
- ✓ 2010年、大型固体ロケットブースタ(S-200)の地上燃焼試験、及び、液体コアステージ(L-110)の燃焼試験に成功した。一方、エンジンは同一ではないものの、国産極低温上段ステージを用いたGSLV Mk-IIの飛行試験(GSLV-D3)に失敗し、対応作業を実施中。
- ✓ 初号機の打上げは、2011~2012年の間を予定している。



GSLV Mk-III



大型ロケットブースタ(S-200)



液体コアステージ(L-110)



CE20統合ターボポンプ試験状況

別紙

H-II ロケット事業

0. 担当部署: 科学技術庁研究調整局 宇宙開発事業団(NASDA)

事業開始年度: 昭和 58 年度

1. 事業目的

静止軌道で2t程度の人工衛星打上げを可能とする能力を有するロケットを開発し、これにより 1990 年代における大型人工衛星の打上げ需要に対応する。

2. 事業概要

H-II ロケットは NASDA が開発した。開発に当たっては、全段我が国の自主技術により開発すること、既開発の技術を最大限に活用することにより、早期開発かつコスト低減を図ることとされた。

平成 5 年度に試験機の打上げに成功し、その後5機連続して打上げに成功したが、平成 10,11 年に2機続けて打上げに失敗し、以後に予定していた7号機の打上げを中止した。

号機	打ち上げ日	搭載衛星	打上げ成否
試験機1号機	平成6年2月4日	軌道再突入実験機「りゅうせい」(OREX) 他相乗り衛星1	成功
試験機2号機	平成6年8月28日	技術試験衛星VI型「さく6号」(ETS-VI)	成功
試験機3号機	平成7年3月18日	静止気象衛星5号「ひまわり5号」(GMS-5) 他相乗り衛星1	成功
4号機	平成8年8月17日	地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」 (ADEOS) 他相乗り衛星1	成功
6号機	平成9年11月28日	熱帯降雨観測衛星「TRMM」 技術試験衛星VII型「さく7号」(ETS-VII)	成功
5号機	平成10年2月21日	通信放送技術衛星「かけはし」(COMETS)	失敗(※1)
8号機(※3)	平成11年11月15日	運輸多目的衛星「MTSAT」	失敗(※2)

※1 : 第2段エンジンの燃焼が予定より早く停止し、所定の軌道投入に失敗

※2 : 第1段エンジンの燃焼の異常停止のため指令破壊

※3 : 8号機の次に打上げ予定だった7号機は、8号機の失敗のため中止

3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	58	59	60	61	62	63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	合計
予算	6	13	74	215	300	449	452	378	324	306	169	17	2701 億円

4. どのような計画や目標をたててやっているのか? その計画や目標の達成度は?

開発・運用方針	開発・運用方針の達成状況
静止軌道で2t程度の大型人工衛星打上げ	2号機にて静止2トン級の人工衛星「さく6号」のGTO投入に成功し、大型人工衛星打上げ能力を実証した。
複数衛星の同時打上げ	1,3,6号機において複数衛星の打上げに成功した。
全段我が国の自主技術により開発	エンジンを含む第1段機体、固体ロケットブースタ(SRB)、フェアリング等を国産技術により開発し、全段自主技術開発を達成した。
既開発の技術を最大限活用	新規開発の第1段主エンジンには H-I で開発した LE-5 と同様に液酸水エンジン(LE-7)を採用するとともに、2 段エンジンには LE-5 を発展させた LE-5A を採用した。また搭載電子機器等も H-I の開発成果を引き継いだ。
1991 年度までに開発・運用	LE-7の開発難航等により、1991年度より2年遅れの平成5年度(1993年度)に試験機1号機を打ち上げた。
実機製作費及び打上げ費については国際水準を目標	開発当初の国際水準を目標として、打上げ費約190億円で運用した。計画当時に比べて為替レートが高くなったため、国際価格と比べて高くなった。

5. 成果及び事業評価

静止2トン程度の人工衛星打上げ能力を、全段自主技術で獲得したことにより、我が国の輸送系は国際的な水準の技術、能力を得るに至った。

平成 10 年 6 月の宇宙開発委員会において、H-II ロケットは「技術水準も信頼性も高く、輸送系の我が国代表と位置づけられ、世界の主要ロケットと比較できる優れたロケットである」とされ、開発結果の総合評価は“おおむね良い”であった。総合評価で指摘された運用コストの課題、及び2度の打上げ失敗を含む H-II の開発及び打上げによって得られた経験は、H-IIA ロケットの開発に確実に反映された。

6. 関係省庁との協力体制

開発に当たって、NASDA は科学技術庁航空宇宙技術研究所(LE-7 等)、文部省宇宙科学研究所(SRB 等)等の関係機関の協力を得た。

7. 主な委託先とその分担

機体製作	: 三菱重工(MHI)
エンジン	: MHI、石川島播磨重工(IHI)
衛星フェアリング	: 川崎重工(KHI)
固体ロケットモータ	: 日産自動車(現 IHI エアロスペース)
搭載電子機器	: 日本電気(NEC)、三菱電機、日本航空電子、三菱プレジジョン
施設設備	: KHI、MHI、IHI、NEC、沖電気、三菱電機、東芝

H-IIA ロケット事業

0. 担当部署:文部科学省研究開発局、JAXA(旧 NASDA)

事業開始年度:平成7年度

1. 事業目的

人工衛星の打上げ等の輸送需要に柔軟に対応でき、大幅な輸送コストの低減が可能なH-IIA ロケットについて、平成13年に初号機を打ち上げることを目標に開発を行う。

2. 事業概要

H-IIA ロケットはNASDAが開発を行った。開発に当たっては、H-IIロケットの開発及び打上げによって得た経験を基に効率的な開発を行うこと、多様な要求に柔軟に応えるため、静止2トンから3トン相当のペイロードに対応できるようファミリー化を行うとともに、将来簡単な改修にて静止4トンにも対応可能なシステムとすること、された。

平成13年に初号機の打上げに成功し、その後5機連続して打上げに成功したが、平成15年に6号機の打上げに失敗した。その後は信頼性向上の不断の取組み等により、12機連続して打上げ成功を達成している。

平成19年4月にはH-IIAロケット打上げの民間移管が行われ、官民役割分担の体制の下、6機の打上げに成功している。(打上げ実績を添付に示す。)

3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	合計
予算	2	21	117	438	269	226	18	56	71	25	3	1	1246 億円

(信頼性向上の予算除く)

4. どのような計画や目標をたててやっているのか?その計画や目標の達成度は?

開発・運用方針	開発・運用方針の達成状況
人工衛星の打上げ等の輸送需要に柔軟に対応	後述のファミリー化により、人工衛星の打上げ需要に柔軟に対応可能。
H-IIロケットの開発及び打上げによって得た経験による効率的な開発	H-IIロケットの経験を活かすことにより、H-IIA/B合わせて欧米のロケットと比較して低コストでの開発を達成。H-IIでの失敗の原因となった1段/2段エンジンについては、原因究明で得られた知見をH-IIAのエンジンに確実に反映した。
静止2トンから3トン相当のペイロードに対応できるようファミリー化	固体ロケットブースタの本数2本及び4本の2種類のラインナップにより、静止2トンから3トン相当のペイロードに対応可能。
将来簡単な改修にて静止4トンにも対応可能	1段機体の直径を4mから5.2mに変更し、1段エンジンを2機クラス化したH-IIIBロケットによって、静止4トンにも対応可能。
平成13年に初号機を打上げ	平成13年8月に初号機を打上げた。
打上げコストを大幅に低減しH-IIの半分程度とする	開発前のコスト目標(定常運用時 85億円)を達成した。現状は100億円程度。昨今の世界的な材料費高騰や、開発移行後の設計

	変更・信頼性向上活動に伴う検査工数見直しの影響等を踏まえると、妥当な値。
2010年度までに世界トップレベルの打上げ成功率90%(20機以上打上げ実績において)を達成する。	2011年1月末の時点で、H-IIA/Bロケット合わせて、目標を超える打上げ成功率95%(20機中19機成功)を達成した。

5. 成果及び事業評価

H-IIAロケットは7号機の打上げ成功以来12機連続で成功しており、H-IIBロケットと合わせて、世界トップレベルの打上げ成功率95%(20機中19機成功)を達成し、我が国が必要な衛星を必要に応じて独自に打ち上げる能力を確立した。また、中小型から大型の衛星の打上げに対応できる能力を確立した。また平成19年4月にはH-IIAロケット打上げの民間移管が行われ、官民役割分担の体制の下、6機の打上げに成功している。

これまで継続してきた信頼性向上に対する不断の取組み(推進系バルブの信頼性向上、SRB-Aノズルの改良、1段液体酸素ターボポンプの改良など)や着実な設備維持・老朽化更新などの運用基盤維持・強化の取組みの成果として、H-IIAロケットの連続打上げ成功として結実した。また、打上げ延期の際に必要な追加的経費を節減努力し、射場整備作業における不適合発生数の減少により、大幅なコスト低減を実現している。ロケットが射場整備作業中に不適合が発生し、打上げを数カ月オーダーで延期する事態になった場合には、作業の手戻りにより大規模の追加経費が発生する。また、On Time打上げは衛星ユーザにとって重要な実績であり、今後の商業衛星打上げ市場における競争力の強化につながる。これらは中期目標等で掲げた計画を超えた優れた実績と考えている。

6. 関係省庁との協力体制

特になし

7. 主な委託先とその分担

平成19年4月より、H-IIAロケットの打上げは三菱重工業株式会社(MHI)に民間移管されており、MHIがH-IIAロケットの製造・打上げを行っている。

JAXAは打上げ時の安全監理、信頼性向上に対する不断の取組や、着実な設備維持・老朽化更新等の運用基盤維持・強化を行っている。

添付 H-IIA ロケット打上げ実績一覧

号機 (形式)	打ち上げ日	搭載衛星	打上げ成否
試験機1号機 (202)	平成13年8月29日	レーザ測距装置「LRE」他	成功
試験機2号機 (2024)	平成14年2月4日	民生部品・コンポーネント実証ミッション「つばさ」(MDS-1)、DASH(高速再突入実験機)他	成功
3号機 (2024)	平成14年9月10日	データ中継技術衛星「こだま」(DRTS)、次世代型無人宇宙実験システム「USERS」	成功
4号機 (202)	平成14年12月14日	環境観測技術衛星「みどりII」(ADEOS-II)、小型実証衛星「マイクロサブサット1号機」、他相乗り2	成功
5号機 (2024)	平成15年3月28日	情報収集衛星	成功
6号機 (2024)	平成15年11月29日	情報収集衛星	失敗(※1)
7号機 (2022)	平成17年2月26日	運輸多目的衛星新1号「ひまわり6号」(MTSAT-1R)	成功
8号機 (2022)	平成18年1月24日	陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)	成功
9号機 (2024)	平成18年2月18日	運輸多目的衛星新2号「ひまわり7号」(MTSAT-2)	成功
10号機 (202)	平成18年9月11日	情報収集衛星	成功
11号機 (204)	平成18年12月18日	技術試験衛星VIII型「きく8号」(ETS-VIII)	成功
12号機 (2024)	平成19年2月24日	情報収集衛星	成功
13号機 (2022)	平成19年9月14日	月周回衛星「かぐや」(SELENE)	成功
14号機 (2024)	平成20年2月23日	超高速インターネット衛星「きずな」(WINDS)	成功
15号機 (202)	平成21年1月23日	温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)、小型実証衛星1型「SDS-1」、他相乗り6	成功
16号機 (202)	平成21年11月28日	情報収集衛星	成功
17号機 (202)	平成22年5月21日	金星探査機「あかつき」(PLANET-C)、小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」、他相乗り4	成功
18号機 (202)	平成22年9月11日	準天頂衛星初号機「みちびき」	成功

※1：SRB-Aの1本の分離ができず、高度および速度が不足することから指令破壊

H-IIB ロケット事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局、JAXA

事業開始年度：平成16年度

1. 事業目的

我が国のロケット開発能力の維持、国際宇宙ステーションへの輸送手段としての宇宙ステーション補給機(HTV)の打上げに対応するとともに、国際競争力を確保することを目的とする。

2. 事業概要

H-IIBロケットの開発に当たってはH-IIAロケットを維持発展した形態を基本として行った。また、システム仕様の決定などに民間の関与をより多くするなど、民間の主体性・責任を重視した開発プロセスを採用し、JAXAと三菱重工業(株)(MHI)による官民共同開発を行った。

平成21年9月に試験機、平成23年1月に2号機の打上げに成功した。

号機	打ち上げ日	搭載衛星	打上げ成否
試験機1号機	平成21年9月11日	宇宙ステーション補給機「こうのとり」2号機(HTV2)	成功
2号機	平成23年1月22日	宇宙ステーション補給機「こうのとり」1号機(HTV技術実証機)	成功

3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	合計
予算	4	30	32	37	53	25	11	195億円

(MHI 分担分 76 億円除く)

4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

開発・運用方針	開発・運用方針の達成状況
我が国のロケット開発能力の維持	ロケットシステム設計、開発試験等を通じ、技術者間の知識・技術の継承に貢献。
宇宙ステーション補給機(HTV)打上げへの対応	HTVの打上げ能力要求(16.5トン)をシステム仕様として設定。良好に試験機、2号機を打上げ、システム仕様を満足することを実証した。
国際競争力を確保(GTO約8トン)	GTO8トン程度の打上げ能力をシステム仕様として設定。解析の結果及び試験機の打上げの結果、約8トン程度の打上げ能力を達成できる見通しを得た。
2008年までに開発・運用	『きぼう』の打上げ設定等により、2009年度試験機打上げとなったが、良好に試験機を打上げた。
国際宇宙ステーション計画の動向も踏まえながら適切に対処	宇宙ステーションの運用計画を踏まえ、2009年度から2015年度の間、年1機の打上げ計画を設定した。また、試験機、2号機共に打上げに成功し、ISSへの物資輸送に貢献した。

民間を主体とした官民共同開発	官民合同活動にて官民相互のミッション要求を設定し、システム仕様等の民間からの提案、開発の請負契約化による結果責任の明確化を図るなど、民間の主体性・責任を重視した体制を構築して開発した。
H-IIA ロケットを維持発展した形態を基本とする。	1段/2段エンジン、SRB-A、2段機体、アビオ機器等、H-IIAと主要機器を共通化した。
定常運用段階のロケット打上げ費の目標 110 億円以下	約118億円の経費を想定していた試験機は147億円となった。これはH-IIA6号機の打上げ失敗に伴うコスト増加であり、定常運用段階での打上げ費についてもコストが追加となるが、欧米の主要ロケットと比較し、低コストでの打上げが可能。

衛星フェアリング	: 川崎重工 (KHI)
固体ロケットモータ	: IHI エアロスペース
施設設備	: MHI、KHI、日本電気

5. 成果及び事業評価

H-II A ロケットの倍の能力と高い品質・信頼性を兼ね備えた H-II B ロケットの開発にあたっては、宇宙開発委員会における開発方針の審議を経て、諸外国の大型ロケットと比較して極めて短期間、低コストで遅延なく開発することに成功している。

主要機器を H-II A と共通化して H-II A で獲得した既存成果を最大限活用し、1段液体推進エンジンのクラスタ化など新規開発アイテムに対しては地上検証を行うなど、開発リスクの低減と抽出・検証を徹底した上で、H-II A ロケット標準型の能力を倍増する大幅な能力向上を図った。初号機でありながら工場、射場で不適条件数が極めて少なく、高い品質を保持している。

計画通りに開発を完了したロケットは海外でも稀であり、また、初号機の打上げ成功率は 7 割以下であることから、通常は試験機で実用ミッションを果たすことはないが、H-II B ロケットは、上記の開発の充実化及びリスクの低減努力の結果、試験機であるにもかかわらず、HTV 技術実証機を搭載し、国際宇宙ステーション (ISS) 計画に関わる開発コストを低減するとともに、HTV 要求の 16.5 トンを上回る低軌道投入能力 16.9 トンを実証し、ISS への早期の物資輸送を平成 21 年 9 月 11 日に実現した。

更に、平成 23 年 1 月 22 日には HTV2 を搭載した H-II B2 号機の打上げを実施し、所定の手軌道投入に成功しており、スペースシャトル退役後の大型物資輸送手段として、同ロケットが今後担うであろう役割・重要性が一層高まっている。

これらの特筆すべき成果を鑑み、H-II B ロケットは平成 21 年度独立行政法人評価において、中期目標等で掲げた計画を超えた優れた実績を上げたことを評価され、「S」評価を付与されている。

その社会的効果や国際貢献度の両面で評価され、第 39 回日本産業技術大賞にて「HTV / H-II B ロケットの開発」が文部科学大臣賞を受賞するに至っている。

6. 関係省庁との協力体制

特になし。

7. 主な委託先とその分担

H-II B ロケットは JAXA と MHI の官民共同開発であり、MHI は詳細設計以降の開発とりまとめ、製造設備等の整備を担当した。その他の主な委託先は以下の通り。

M-Vロケット事業

0. 担当部署: 文部科学省研究開発局 JAXA(旧宇宙科学研究所(ISAS))
事業開始年度: 平成2年度

1. 事業目的

全段固体ロケット技術の最適な維持発展等の観点から考慮しつつ、1990年代以降の科学観測ミッションの要請にこたえることを目的とする。

2. 事業概要

ロケットの開発と打上げ関連設備の整備を ISAS が全体システムをインテグレーションする方法で実施し、ロケットの打上げを ISAS が実施した。

平成8年度に1号機の打上げに成功した。平成12年に4号機の打上げに失敗したものの、その後4機の連続打上げに成功し、平成18年9月の7号機の打上げをもって運用を終了した。

号機	打ち上げ日	搭載衛星	打上げ成否
1号機	平成9年2月12日	電波天文衛星「はるか」(MUSES-B)	成功
3号機(※2)	平成10年7月4日	火星探査機「のぞみ」(PLANET-B)	成功
4号機	平成12年2月10日	X線天文衛星「ASTRO-E」	失敗(※1)
5号機	平成15年5月9日	小惑星探査機「はやぶさ」(MUSES-C)	成功
6号機	平成17年7月10日	X線天文衛星「すざく」(ASTRO-E2)	成功
8号機	平成18年2月22日	赤外線天文衛星「あかり」(ASTRO-F)	成功
7号機	平成18年9月23日	太陽観測衛星「ひので」(SOLAR-B)	成功

※1: 第1段エンジンの燃焼異常のため最終速度が足りず、所定の軌道投入に失敗

※2: 月探査機 LUNAR-Aのペネトレーター開発遅延等による計画中止のため、2号機打上げはなし

3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	2	3	4	5	6	7	合計
予算	20	44	51	80	78	52	325 億円

4. どのような計画や目標をたててやっているのか? その計画や目標の達成度は?

開発・運用方針	開発・運用方針の達成状況
全段固体ロケット技術の最適な維持発展	開発時点での最新技術、研究成果を各所に織り込み、固体ロケット技術の維持発展に貢献。
1990年代以降の科学観測ミッションの要請にこたえる	低軌道1.8トンの打上げ能力を有し、かつ、惑星探査まで可能な世界最高性能を達成。小惑星サンプルリターンミッション「はやぶさ」をはじめ、各種科学観測ミッションに貢献。
鹿児島宇宙空間観測所の射場における打上げ可能範囲 平成6年度に初号機打上げ	鹿児島宇宙空間観測所において十分な安全が保たれる機体規模を達成。 モータケースの開発難航等により、2年遅れの平成8年度に初号機を上げた。
ISASにおけるほぼ年1機の打上げ頻度を可能な範囲の機体価格	ほぼ年1機の打上げ頻度を可能な範囲の機体価格を維持した。
鹿児島宇宙空間観測所の地上支援設備の最大限の活用	M-3SIIで使用した鹿児島宇宙空間観測所の地上支援設備は一部改修のうえ継続使用した。

5. 成果及び事業評価

M-Vロケットは、惑星探査ミッションにも太陽同期ミッションにも対応可能な世界最高性能の固体ロケットとして、世界初の小惑星からのサンプルリターンを成し遂げた「はやぶさ」をはじめ、「あかり」「すざく」「ひので」等の各種天文衛星を打ち上げ、世界の宇宙科学の発展に貢献した。

独立行政法人の業務実績評価においても、「世界最高性能の固体ロケットシステム技術を確立し世界的に評価される成果を創出する科学衛星の打上げに多大な貢献をしてきたことは、高く評価できる」(平成18年度の業務実績に係る評価(平成19年8月30日))
「培われた世界最先端の成果は、M-Vロケットに代わる次期固体ロケットの研究開発に発展的に活用、技術の維持、継承が行なわれており、中期目標を達成したものと考えられる」(中期目標期間の業務実績に係る評価(平成20年8月28日))
とされ、共にA評価であった。

6. 関係省庁との協力体制

開発時には、旧宇宙開発事業団(NASDA)と固体ロケット技術連絡会を設置し、ISAS/NASDAで情報交換を行った。

7. 主な委託先とその分担

- ・固体モータ開発・製作: IHIエアロスペース(旧日産自動車)
- ・1段モータケース開発・製作: 三菱重工株式会社
- ・誘導制御機器の開発・製作: 三菱プレジジョン株式会社等

イプシロンロケット開発事業

0. 担当部署: 文部科学省研究開発局 JAXA
事業開始年度: 平成 22 年度

1. 事業目的

- (1) 単独での打上げや即応性が要求され、今後益々利用機会の拡大が見通される小型衛星の打上げに、我が国として自律的に対応するための機動的かつ効率的な手段を確保すること。
- (2) 本質的に機動性・即応性に優れる固体ロケットに対して、我が国が独自に培った固体ロケットシステム技術を継承し、人材育成を図るとともに、世界一の運用性を有する小型打上げシステム技術へ発展すること。

2. 事業概要

イプシロンロケットの開発と打上げ関連設備の整備を JAXA インテグレート方式(JAXAがシステム全体をとりまとめる方式)で実施中。

3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H22	H23	H24	H25	合計
予算	20	38	58	89	205 億円

4. どのような計画や目標をたててやっているのか? その計画や目標の達成度は?

項目	イプシロンロケット(目標)	M-Vロケット(実績)
軌道投入能力		
・地球周回低軌道	1200kg	1800kg
・太陽同期軌道	450kg	—
・軌道投入精度	液体ロケット並み 太陽同期軌道 ・高度: 500±20km ・軌道傾斜角: 97.4±0.2°	—
打上げ費用	38億円	約75億円
射場作業期間(1段射座据付けから 打上げ翌日まで)	7日	42日
衛星最終アクセスから打上げまで	3時間	9時間

平成 25 年度初号機打上げを目標にしている。平成 22 年度は基本設計を実施しており、上記目標を達成可能な見込みである。

5. 成果及び事業評価

開発移行に際し、SACによる評価を受けた。
平成22年SAC推進部会資料(推進3-1)抜粋を以下に示す。
「(前略)小型衛星の打上げ需要への対応、固体ロケットシステム技術の継承のための体制の維持、輸送系共通基盤技術の先行的実証、将来の輸送系・固体ロケット技術の人材育成に対応することが可能となり、非常に意義のあるプロジェクトとなっている。(中略)その結果、現段階までの計画は、具体的かつ的確であり、「開発」に移行する準備が整っていることを確認した。(後略)」

6. 関係省庁との協力体制

なし。

7. 主な委託先とその分担

- ・機体システム開発: IHIエアロスペース
- ・フェアリング開発: 川崎重工株式会社
- ・ガスジェット開発: 三菱重工株式会社

LNGエンジン研究開発事業

0. 担当部署:文部科学省研究開発局 JAXA
事業開始年度:平成 15 年度

1. 事業目的

「GXロケット及びLNG推進系に係る対応について(平成 21 年 12 月 内閣官房長官、宇宙開発担当大臣、文部科学大臣、経済産業大臣)」を踏まえ、国際的にも優位性を有しているLNG推進系について、軌道間輸送機などの推進系としての適用を目指し、技術の完成に向けた必要な研究開発を推進する。

2. 事業概要

LNG推進系は、水素を燃料とするものと比較し、沸点が高いことから宇宙空間での貯蔵性に優れる他、漏洩や爆発の危険性が低いことから安全性などの面で優れているという特長を有しており、将来的には、国内外のロケットの推進系や軌道間輸送機などの推進系としての適用が考えられるものである。

また、従来の液体水素推進系および固体推進系と異なる系統の推進系に係る技術を有することにより、バックアップ機能を含め、ロケットの選択の幅を広げることに役立つものである。

これまでの研究開発を通じて国際的優位性の極めて高い技術であり、その優位性を引き続き確保するためには、将来の活用に向けた高性能化・高信頼性化などの研究開発及び基盤研究を実施し、技術の維持向上を努めることが必要である。

3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	合計
予算	20	20	20	25	25	29	56	70	30	295 億円

※ 平成 23 年度以降は基礎研究を実施

4. どのような計画や目標をたててやっているのか?その計画や目標の達成度は?

平成21年12月の政府判断(「GXロケット及びLNG推進系に係る対応について」)では、GXロケットの開発には着手せず、取り止める一方、LNG推進系については技術の完成に向けた必要な研究開発(高性能化・高信頼性化など)を推進すること、との判断がなされた。

これを受け、平成 22 年度をもってGXロケットへの搭載を前提としたLNGエンジンの開発を中止。平成 23 年度以降は、これまでの研究開発成果および課題を踏まえ、将来的に国内外のロケットの推進系や軌道間輸送機などの推進系としての適用が考えられる「汎用性

のある LNG エンジンの基盤技術の確立」に向け必要な基礎研究を推進する。

5. 成果及び事業評価

GXロケット2段への搭載を想定したLNGエンジンの開発では、実機と同一設計の実機型エンジンを用いた燃焼試験にて連続燃焼500秒以上を達成する等により、世界で初めて実機レベルのLNG(メタン)エンジンの開発を完了できる目処が得られる段階にまで完成させた。

平成21年12月の政府判断を受け、平成 22 年度をもってGXロケットへの搭載を前提としたLNGエンジンの開発を中止。平成 23 年度以降は、これまでの研究開発成果および課題を踏まえ、将来的に国内外のロケットの推進系や軌道間輸送機などの推進系としての適用が考えられる汎用性のある LNG エンジンの基盤技術の確立に向け、エンジン性能の向上、真空中性能の高精度予測などの基礎研究を推進することとしている。

6. 関係省庁との協力体制

特になし。

7. 主な委託先とその分担

IHI エアロスペース