

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

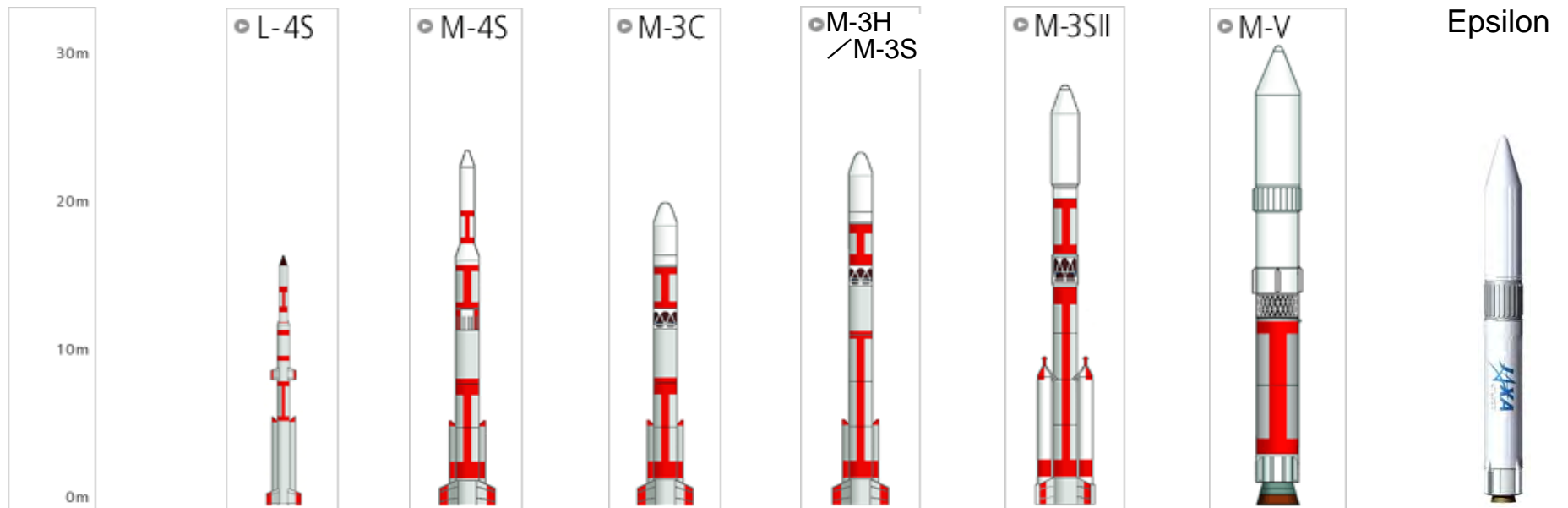
我が国のロケットの開発経緯

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・効率性を目標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

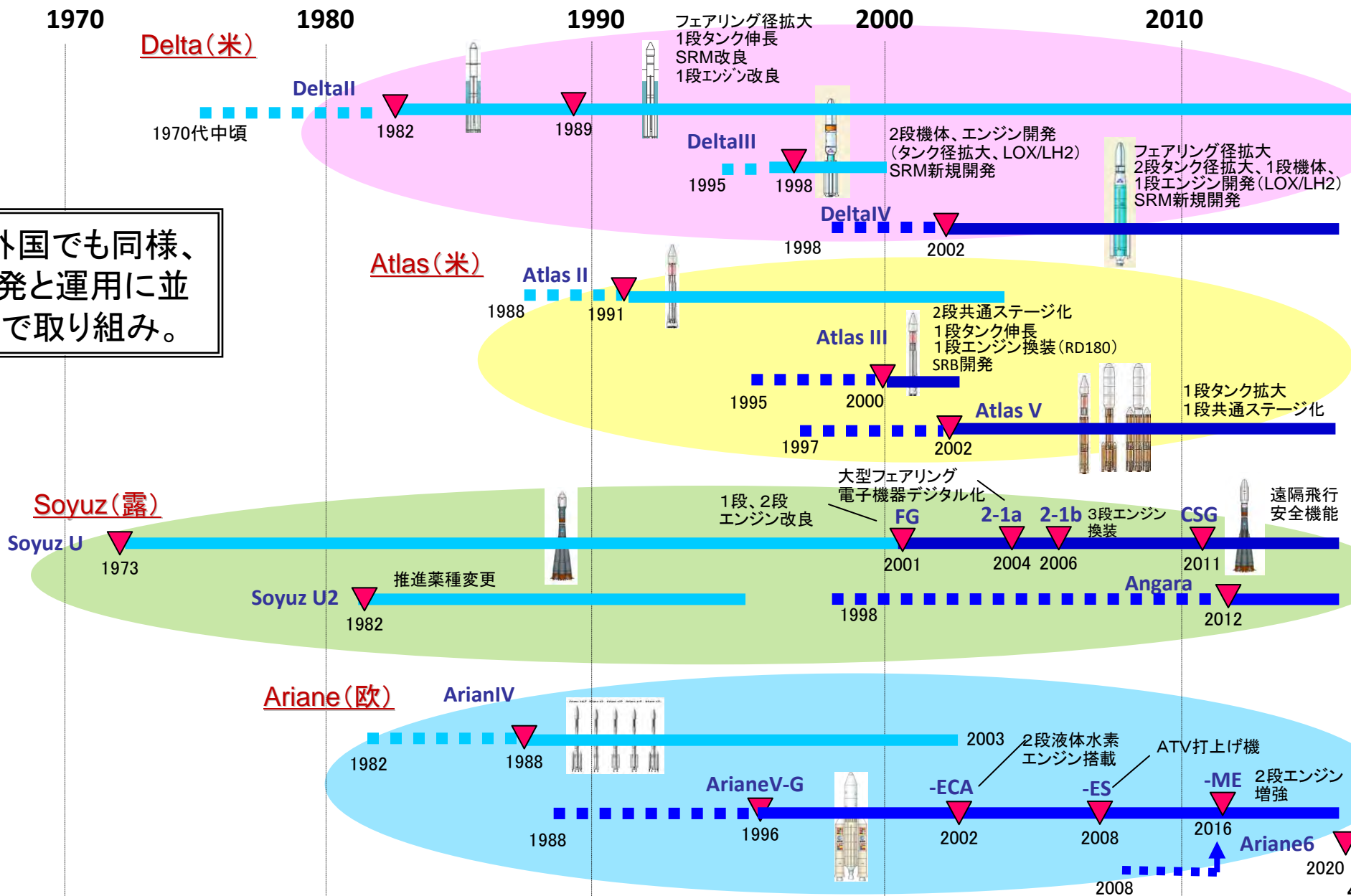


		N-I ロケット	N-II ロケット	H-I ロケット	H-II ロケット	H-II Aロケット	H-II Bロケット	
ロケットの概要		米国の「ソー・デルタ」ロケットを基本とし、2段の推進系のみ自主開発。	1段はライセンス生産。その他は米国から購入。(主要自主開発アイテムはなし)	1段はライセンス生産。慣性誘導装置(部品は一部海外調達)、2段/3段推進系を自主開発。	全段自主技術開発 純国産ロケット	全段自主技術開発 部品等を一部輸入	全段自主技術開発 部品等を一部輸入	
主要開発項目	2段	・LE-3エンジン (ヒドラジン系)	技術導入	・慣性誘導装置 ・LE-5エンジン (我が国初の液水/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		

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)

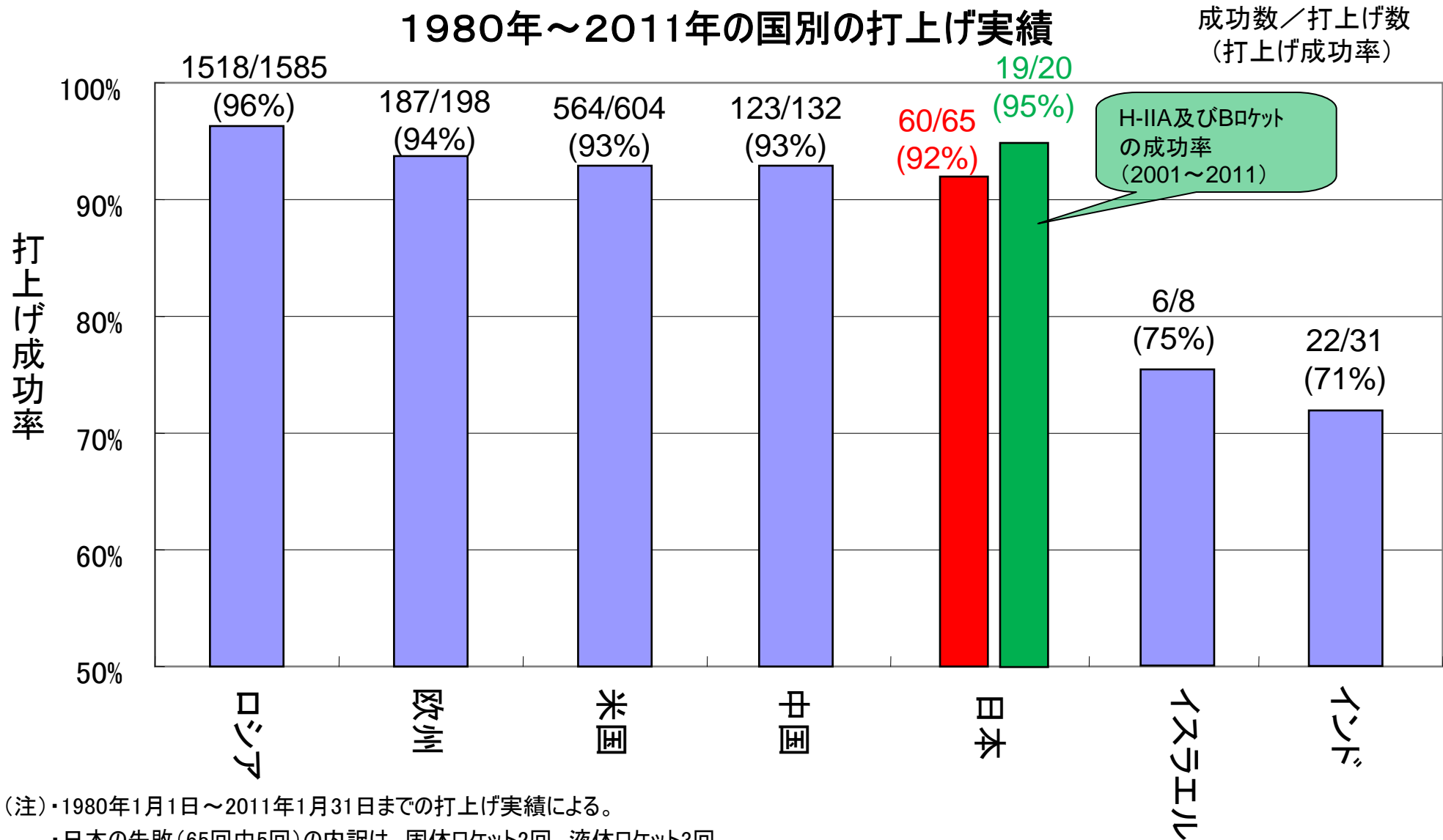
補足2-2 基幹ロケット打上げ事業に対する政府の取組みの比較

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。

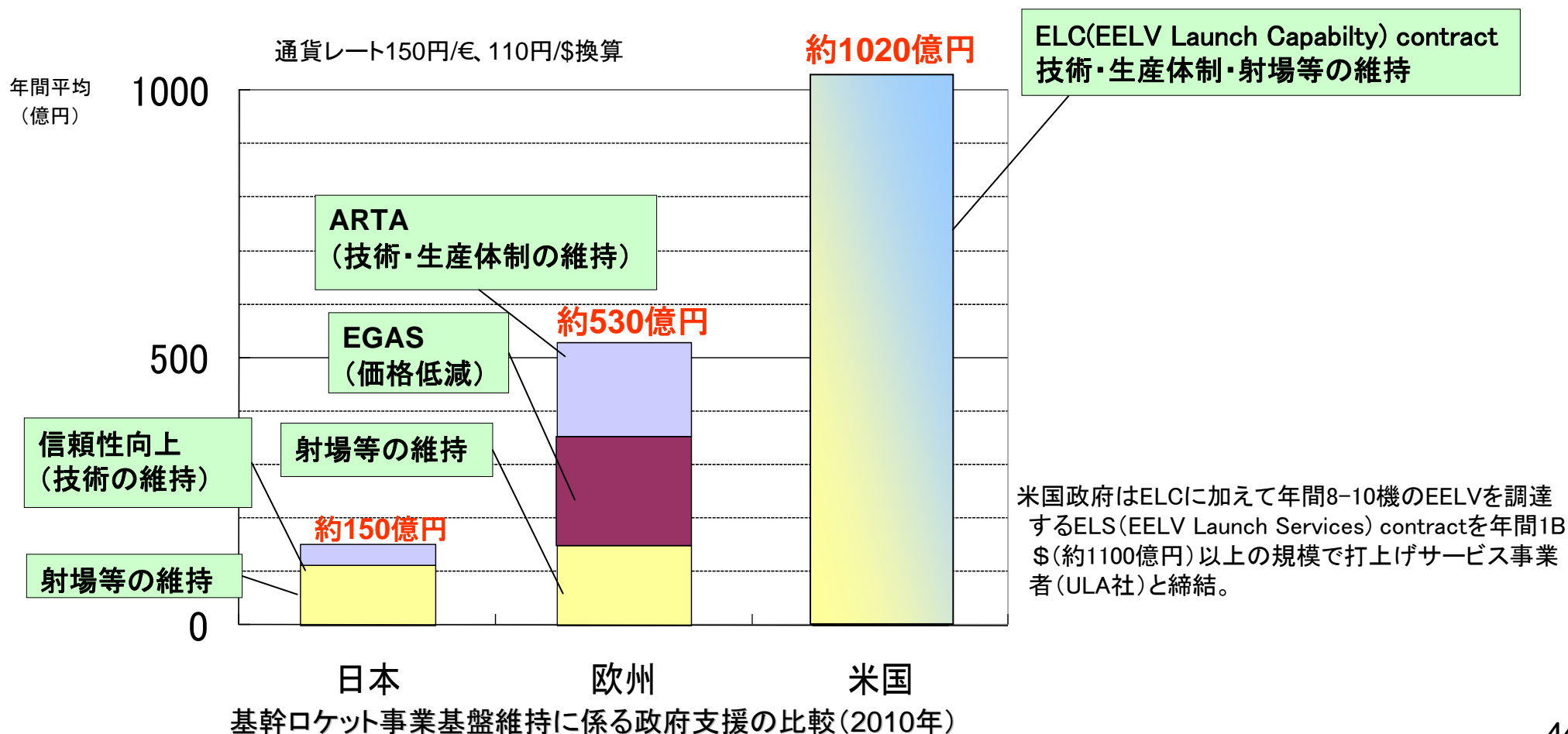
・ロシアは旧ソ連、ウクライナを含む

・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。



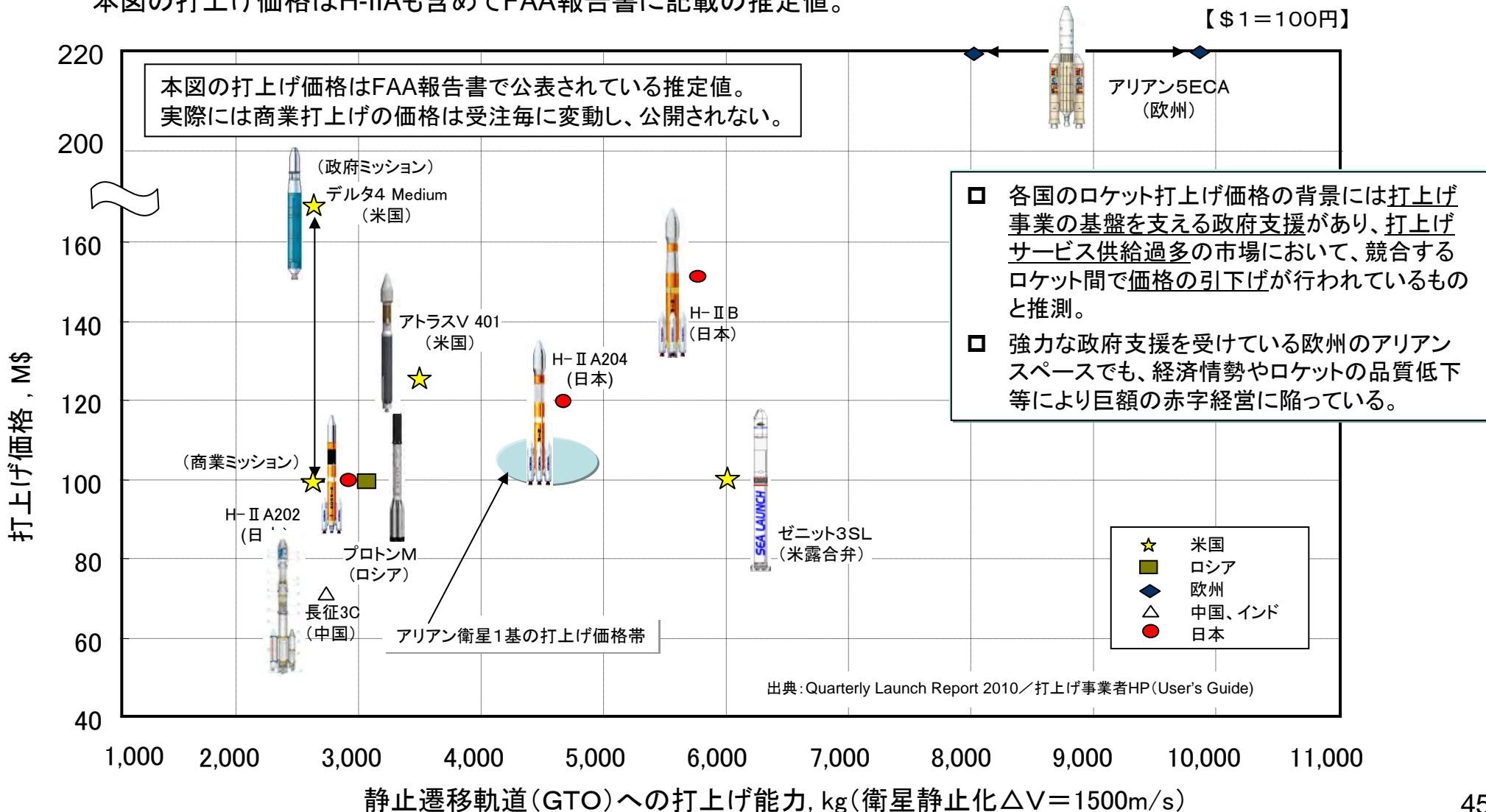
補足2-3 打上げ価格の比較(大型ロケット)

(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。

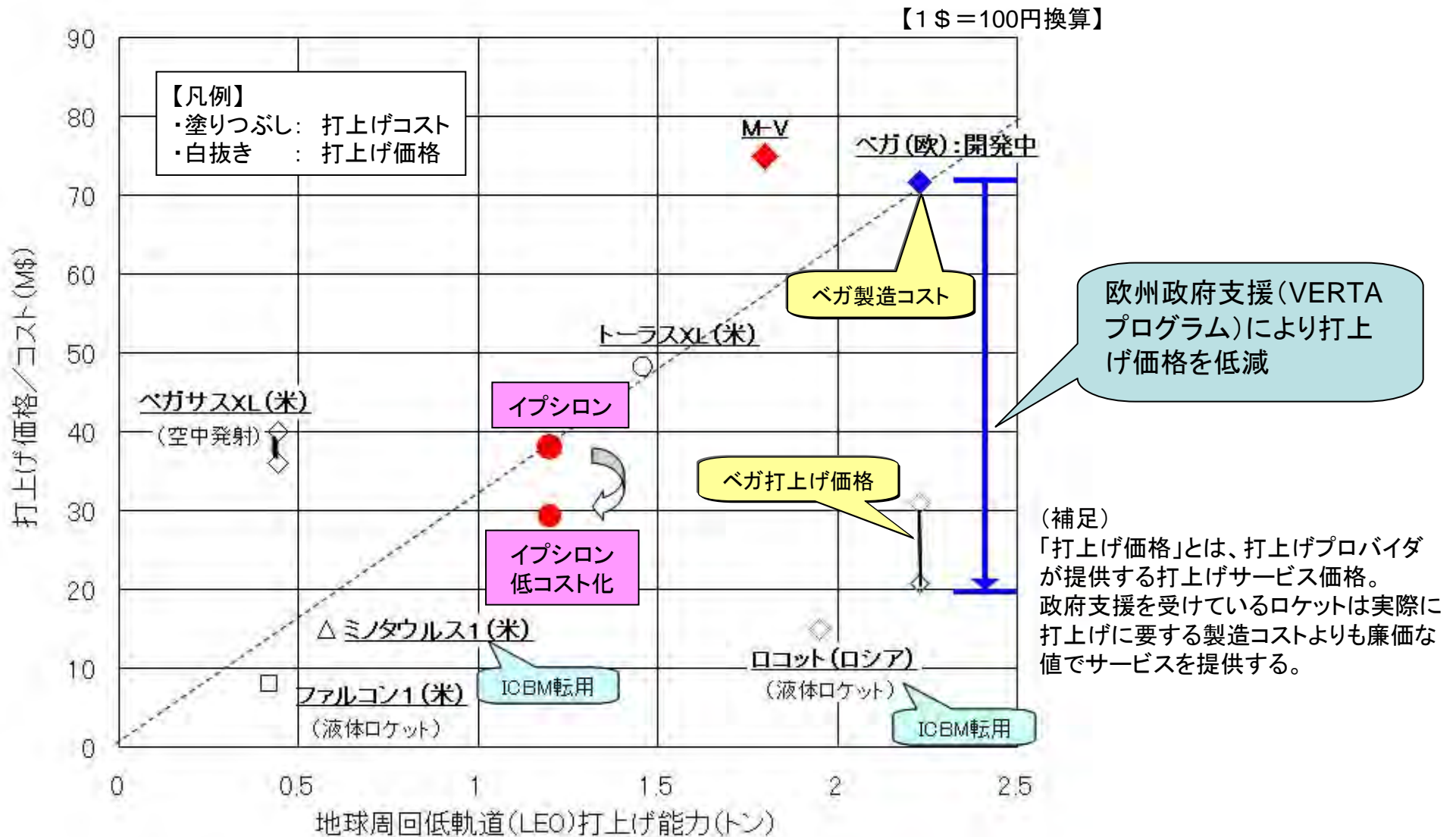
(H-II A/Bについては、現在計画中の高性能化後の数値)

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>
ロコット	ドニエプル	ソユーズ プロトンM	ソユーズ
			

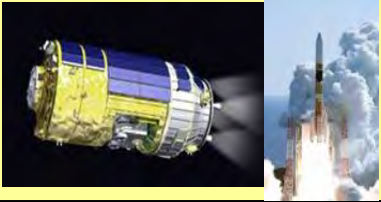
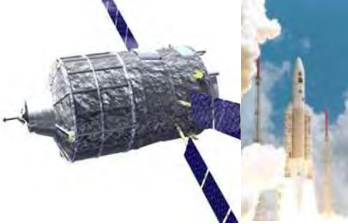



【日本】

<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3-2 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

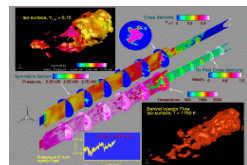
新たなEELV上段エンジン研究開発の枠組み

独自の研究開発

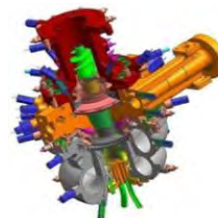
米空軍(USAF)

RFIの発出

AFRL(Air Force Research Laboratory)において、研究開発プログラム(USEET: 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



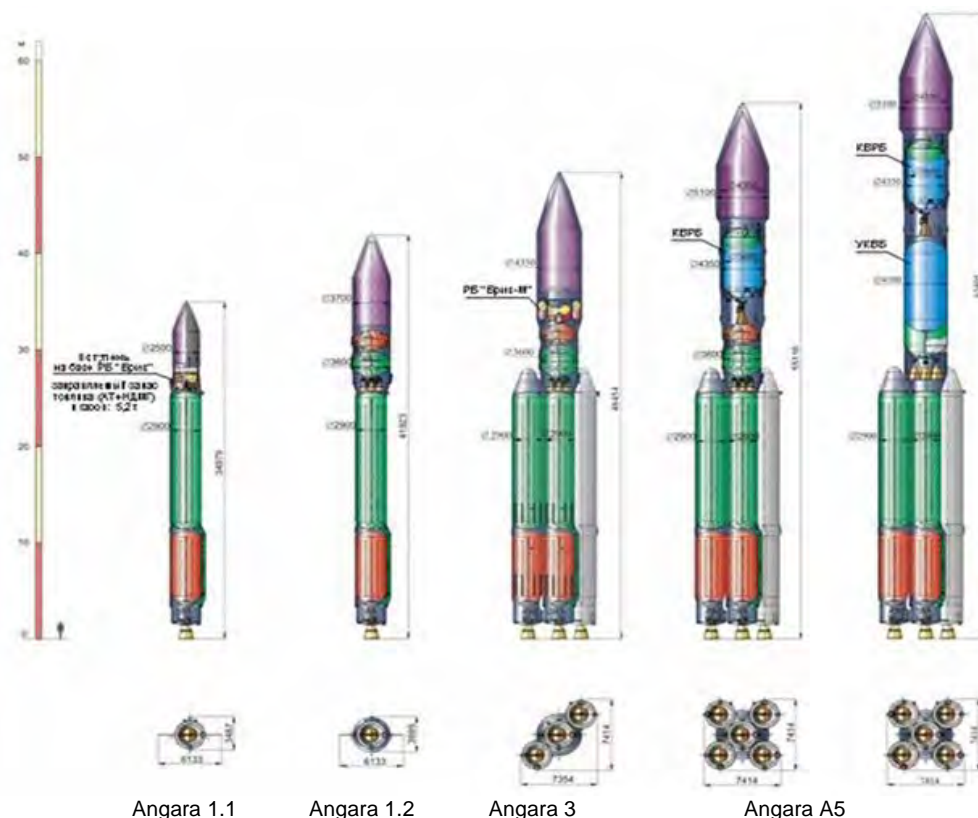
Taurus II



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)

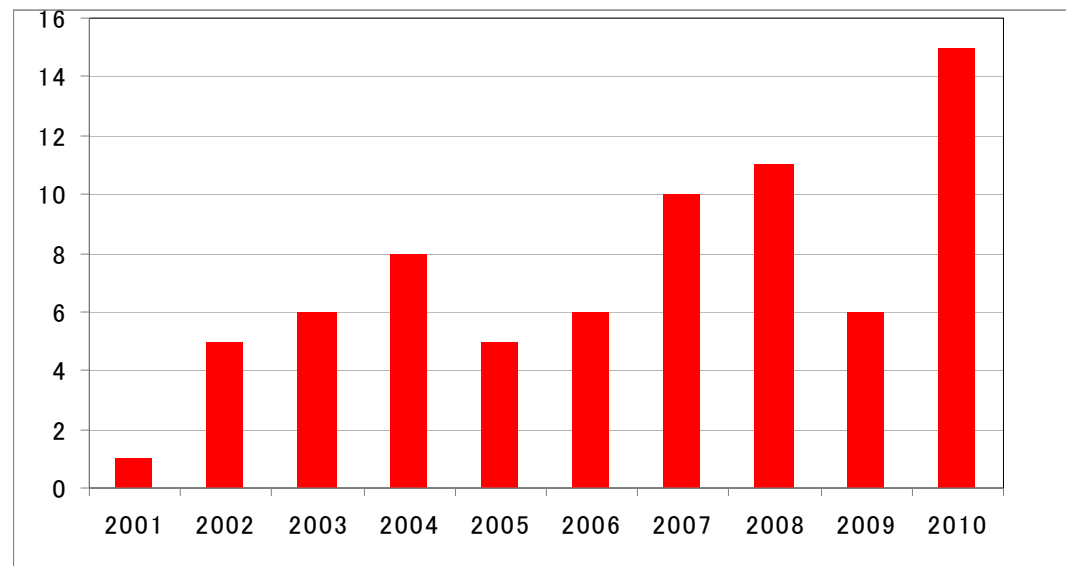


CCB燃焼試験状況

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。



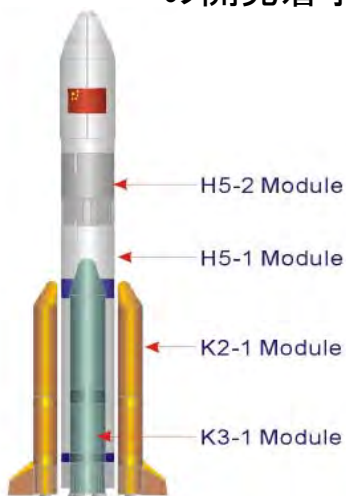
ロケット年間打上げ数の推移

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】

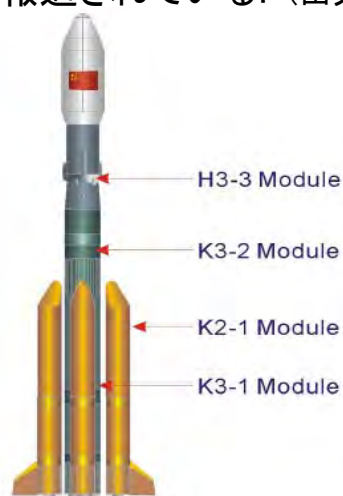
□ 長征5号, 6号, 7号

- ✓ 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

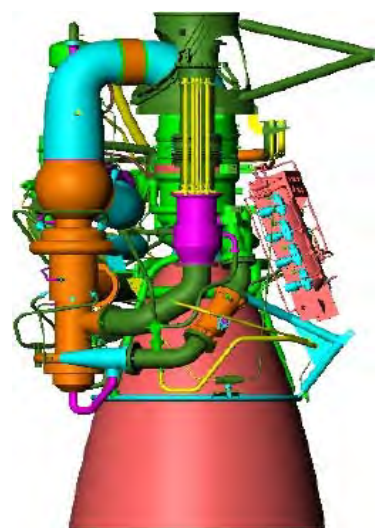
- ✓ 3.35m Stage-1 & 2
- ✓ 3m Stage-3
- ✓ Four 2.25m-boosters

次世代長征シリーズ

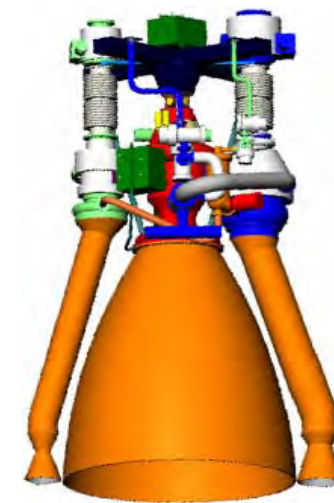


Small LV

- ✓ 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

補足3-6 インドの輸送系に係る取組み(1/3)

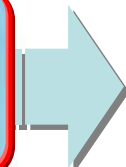
□ インド宇宙プログラムの実施推進機関であるISRO は宇宙省(DOS) の傘下で、インド政府計画委員会が承認した第11次五ヵ年計画(2007~2012年)の宇宙プログラムに基づき、活動を進めている。

□ 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	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	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 DMRJ-FTO	PSLV-C14-19 GSLV-F6-F9 MK III	PSLV-C20-23 GSLV-F10-13 RLV-TO	PSLV-C24-28 GSLV-F14-16 RLV-TO	



**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

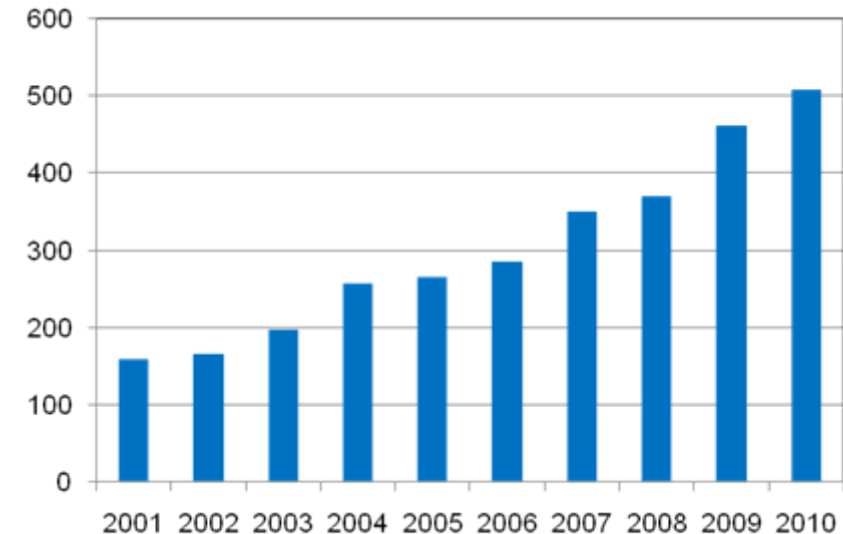
補足3-6 インドの輸送系に係る取組み(2/3)

- 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本のみ分離ができず、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