

イプシロンロケットの開発状況 及び打上げ準備状況について

2013年 5月21日

宇宙航空研究開発機構

イプシロンロケットプロジェクトマネージャ

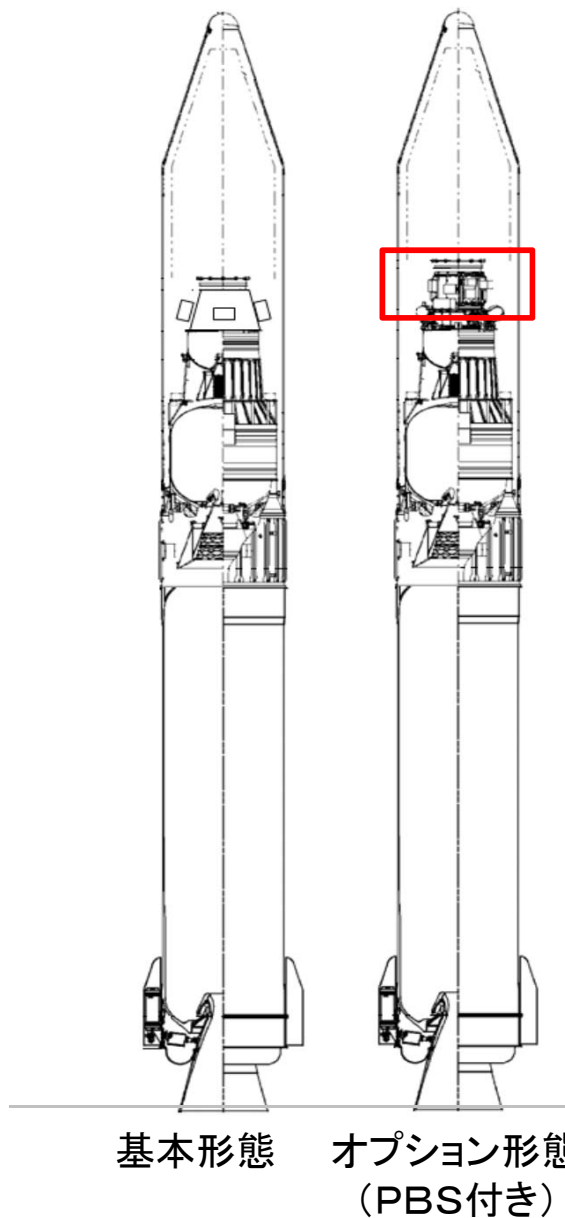
森田 泰弘



1. イプシロンロケットの概要

イプシロンロケットは、基本形態(3段式固体ロケット)とオプション形態(液体ロケット並みの軌道投入精度に対応するため小型液体推進系(PBS)を搭載)の2つの形態を有する。

イプシロンロケット試験機は小型液体推進系(PBS)を搭載したオプション形態である。



項目		諸元
初号機打上げ年度(目標)		平成25年度
全長		24.4m
直径(代表径)		2.6m
全備質量		91ton
段構成		3段式
第1段 (固体モータ: SRB-A)	全備質量	75.0ton ※フェアリング(非投棄分)含む
	推進薬量	66.3ton
	推力	2271kN(真空中)
	全燃焼秒時	116s
	比推力	284s(真空中)
	マスレシオ	0.911
フェアリング(投棄分)		全備質量 0.8ton
第2段 (固体モータ: M-34c)	全備質量	12.3ton
	推進薬量	10.8ton
	推力	371.5kN(真空中)
	全燃焼秒時	105s
	比推力	300s(真空中)
	マスレシオ	0.927
第3段 (固体モータ: KM-V2b)	全備質量	2.9ton(基本形態) 3.3ton(オプション形態)
	推進薬量	2.5ton
	推力	99.8kN(真空中)
	全燃焼秒時	90s
	比推力	301s(真空中)
	マスレシオ	0.92
小型液体推進系 (PBS)	全備質量	3段質量(オプション形態)に含む
	推進薬量	0.1ton
	比推力	215s(連続)

PBS: ポスト・ブースト・ステージ

2. イプシロンロケットの開発目的

【意義・目的】

- 小型衛星の更なる利用促進のために、実機コストの格段の低減を目標
- 小型衛星・小型ロケットによる新たな市場を喚起し、着実に拡大するには、早期に打上げ実績を重ねつつ、段階的に低コスト化を図る
- 上記に先立ち、以下の4つに対応する方策として、M-V及びH-IIAで培った技術を最大限に活用したイプシロンロケットを平成25年度に打上げ
 - ① 小型衛星の打上げ要望への対応
(小型衛星の機動的打上げ手段を早期獲得と自律的かつ安定した打上げ手段の提供)
 - ② M-V開発完了後13年進展のない固体ロケットシステム技術の継承と発展
 - ③ 輸送系共通基盤技術の先行的実証
 - ④ 将来の輸送系・固体技術の人材育成

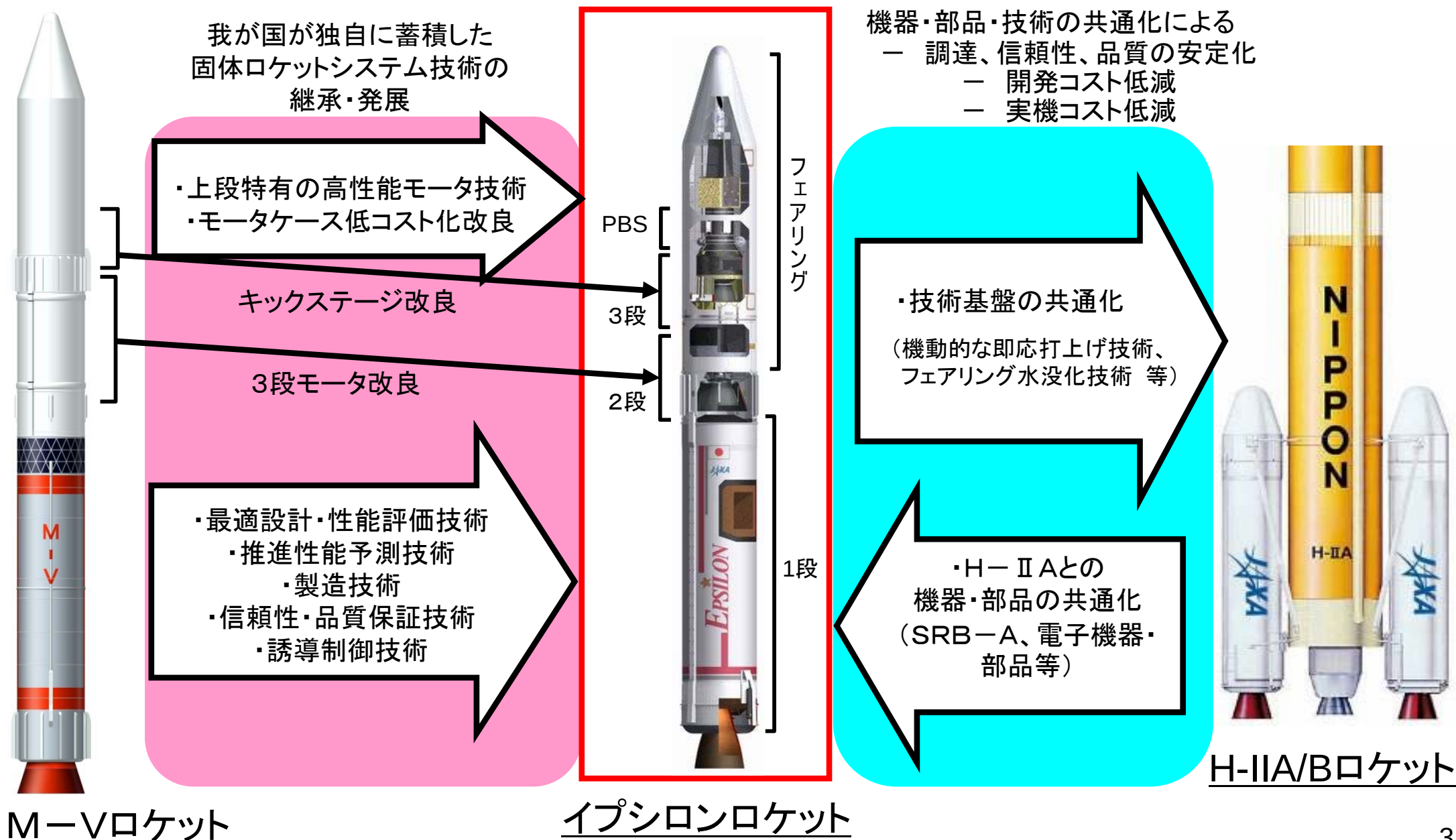
(平成22年SAC推進部会事前評価資料から抜粋)

【目標】

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 ・ 太陽同期軌道 ・ 軌道投入精度	1 2 0 0 k g 4 5 0 k g 液体ロケット並み (太陽同期軌道 ・ 高度：5 0 0 ± 2 0 k m ・ 軌道傾斜角：9 7 . 4 ± 0 . 2 °)	1 8 0 0 k g — —
打上げ費用	3 8 億円	約 7 5 億円
射場作業期間 (1 段射座据付け～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

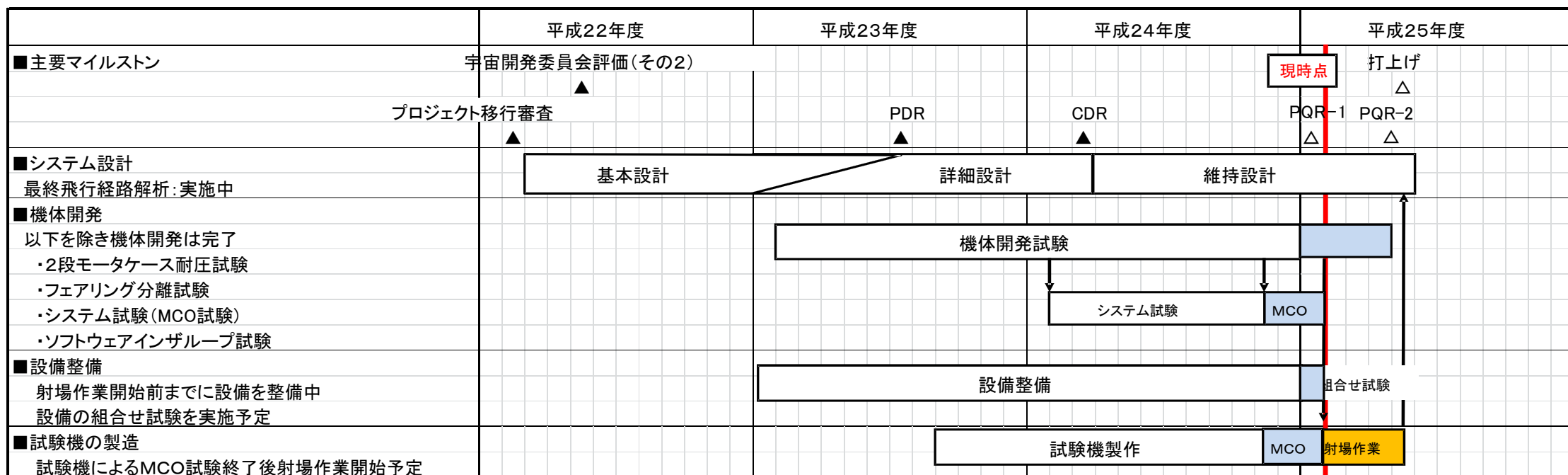
3. M-V・H-II Aからの技術の流れ

- 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“先行実証機”としての役割を果たす。

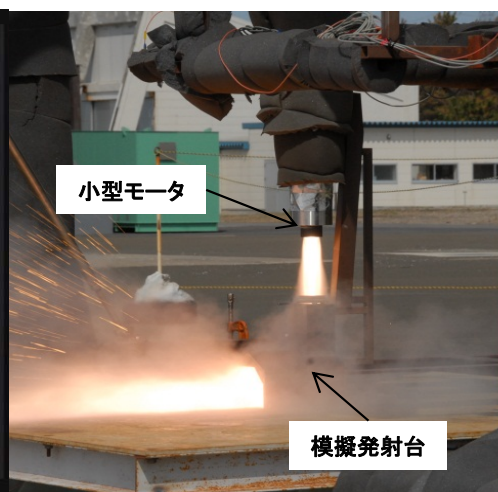


4. 開発状況(開発スケジュール)

□ 平成22年度に開発に着手し、平成25年8月の試験機打上げに向け、製造最終段階にある。



風洞試験



模擬射点音響試験



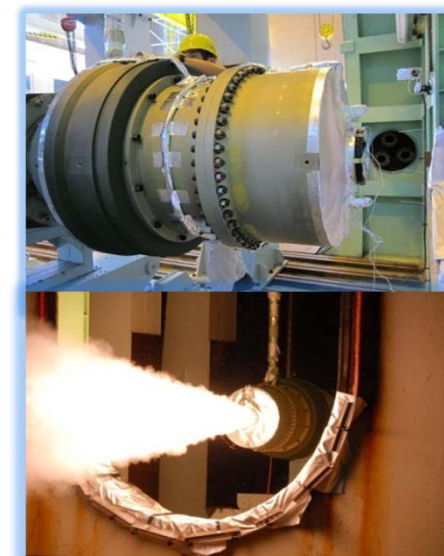
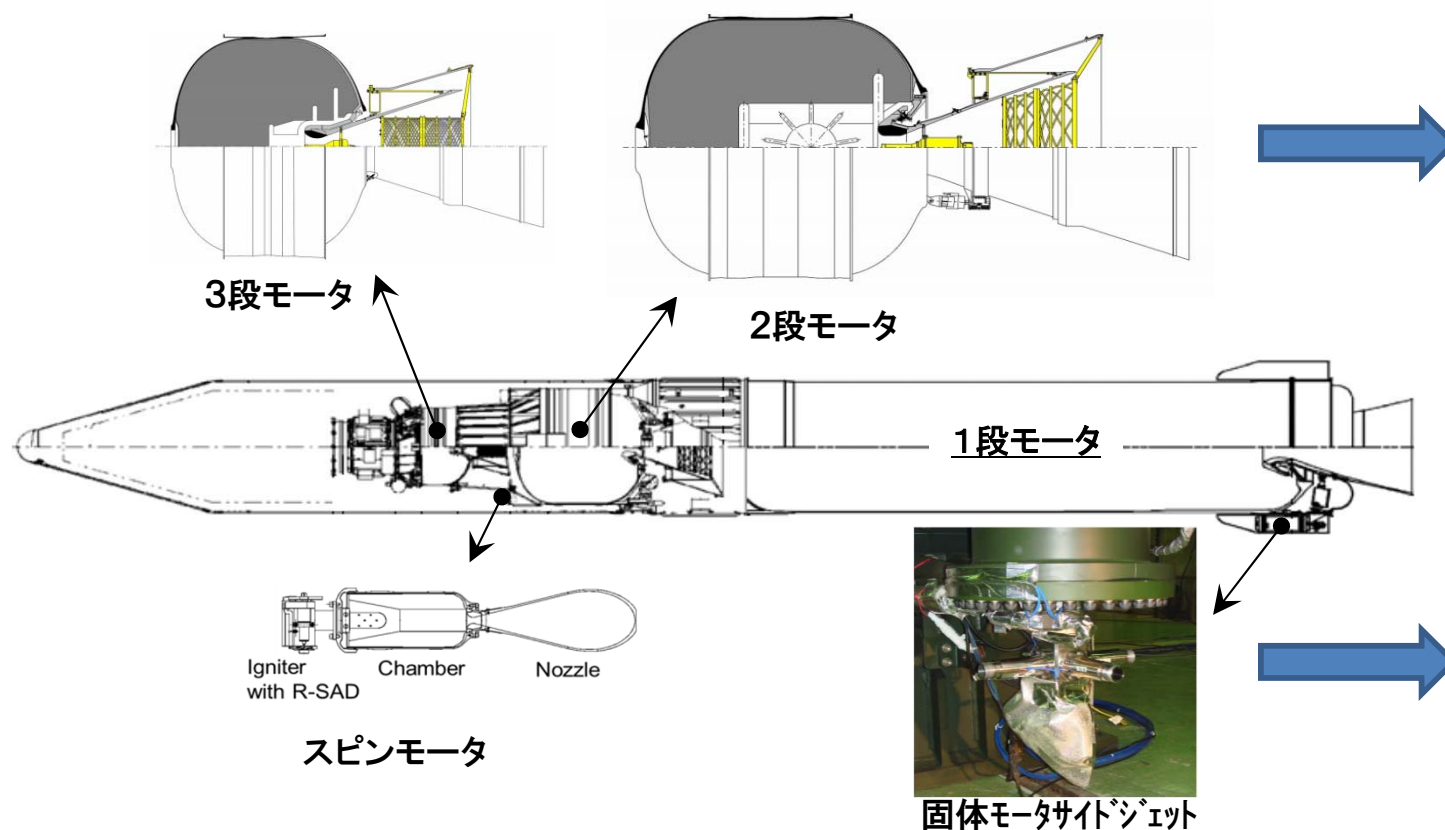
システム試験(MCO試験)



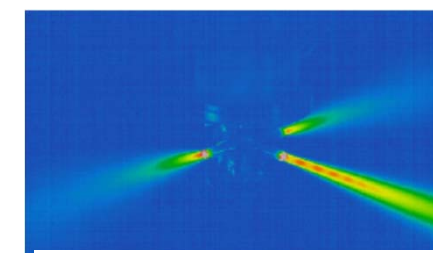
M整備塔改修

4. 開発状況(固体推進系)

系統	開発状況
1段モータ(SRB-A)	H-IIBのSRB-Aモータを使用。
2段モータ(M-34c)	M-Vの3段モータ、キックモータ技術を使用。サブサイズモータによる地上燃焼試験を実施。2段モータケースの認定試験を残し、開発完了。
3段モータ(KM-V2b)	
固体モータサイトジェット(SMSJ)	M-Vの技術をベースに新規開発。燃焼試験を実施して開発完了。
スピンモータ(SPM)	M-Vの技術を使用。開発完了。

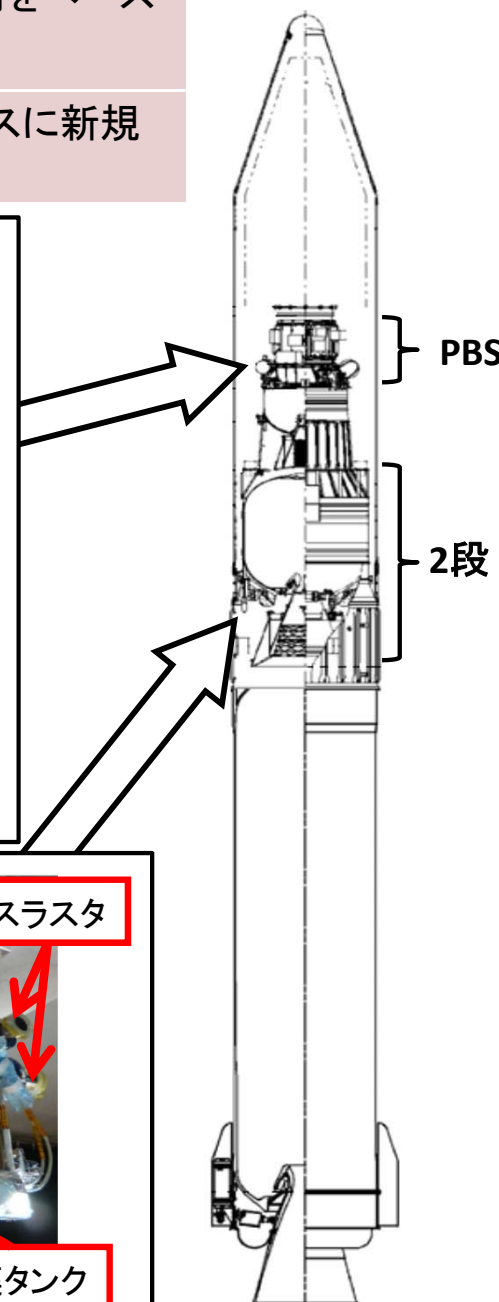


サブサイズモータ燃焼試験



固体モータサイトジェット燃焼試験

系統	開発状況
PBS推進系(姿勢制御・速度調整用)	H-IIA・Bの第2段ガスジェット装置の技術をベースに新規開発。開発完了。
ラムライン制御系(3段燃焼中の姿勢制御用)	
2段ガスジェット装置 (2段燃焼中の姿勢制御用)	M-Vのサイドジェット装置の技術をベースに新規開発。開発完了。

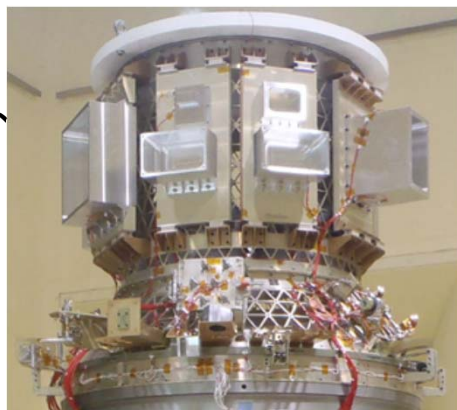


4. 開発状況(構造系)

- PBS機器搭載構造、衛星分離部を新規開発、後部筒はH-II A技術、残りはM-V技術を使用。
全構造体の開発完了。

【PBS機器搭載構造】

- ・アルミグリッド構造。
- ・シリンダ部にアビオ機器、コーン部にPBS推進系、ラムライン制御系を搭載
- ・後端で3段モータと分離するマルマン分離アダプタを搭載。



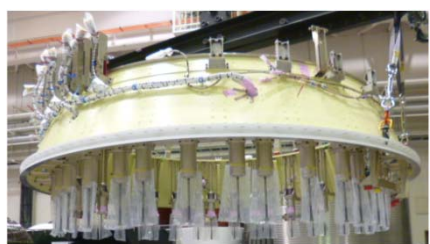
【2/3段接手】

- ・CFRP製スキン・ストリング構造
- ・マルマンバンド分離方式



【1/2段接手】

- ・アルミ製スキン・ストリング構造
- ・マルマンバンド分離方式

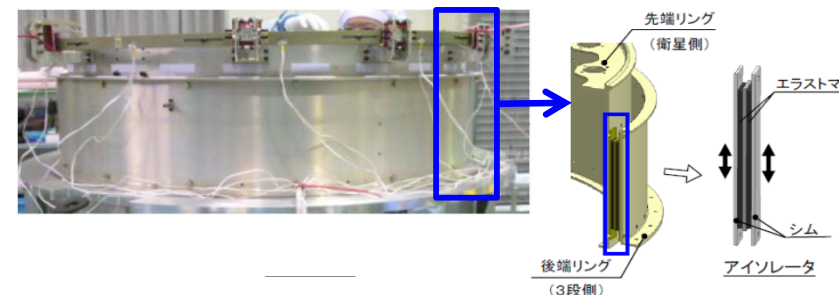


【後部筒】

- ・アルミ製セミモノコック(リング・フレーム構造)

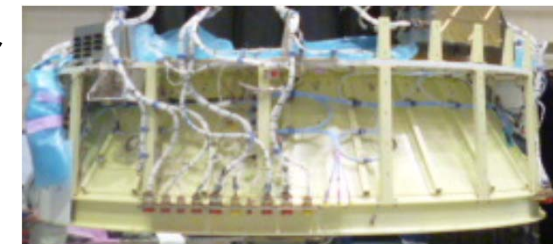
【衛星分離部(制振機能付)】

- ・アルミ製二重円筒構造
- ・44~56Hzの振動低減用アイソレータを挿入



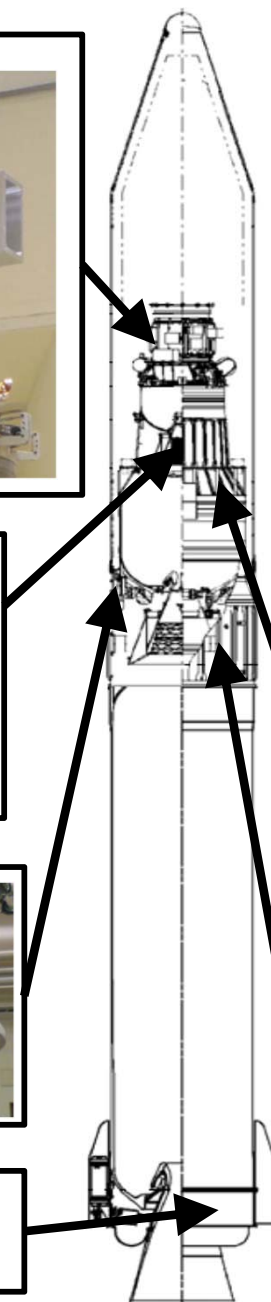
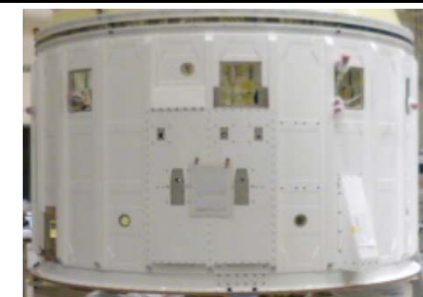
【2段機器搭載構造】

- ・アルミ製スキン・ストリング構造
- ・アビオ搭載板は、CFRPスキン・アルミハニカム構造



【1段機器搭載構造】

- ・アルミ製スキン・ストリング構造
- ・内面にアビオ機器を搭載



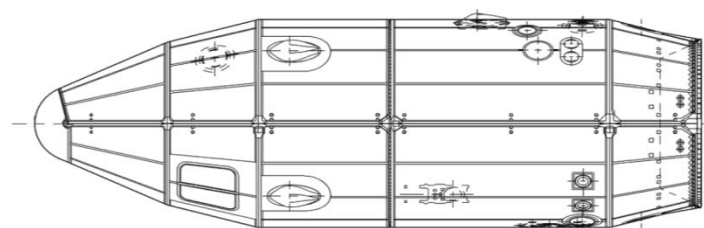
4. 開発状況(フェアリング系)

■ 概要

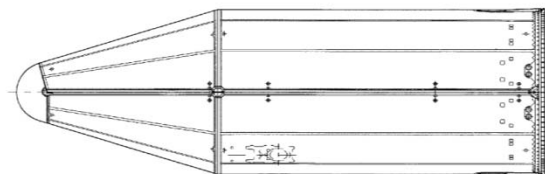
- H-IIA/Bの開発経験を活用した効率的開発。
- ユーザーフレンドリネス、運用性、コスト低減を狙った新規技術の開発。

■ 主な新規技術

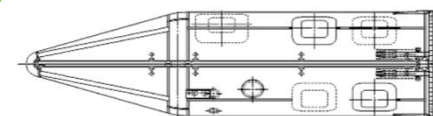
- コーン・シリンダ半殻一体パネル→組立工程低減
- 水没性パネル→着水後の船舶航行への影響回避
- クイックアクセスドア(閉め時間60分から20分)
→衛星アクセス時間の確保
- シート貼付式断熱材→断熱材施工工程の簡素化



H-IIB Fairing for HTV
($\phi 5\text{m} \times 15\text{mL}$)



H-IIA 4S Fairing
($\phi 4\text{m} \times 12\text{mL}$)



Epsilon Fairing
($\phi 2.5\text{m} \times 9.2\text{mL}$)



コーン・シリンダ半殻一体パネル



シート貼付式断熱材



PM強度剛性試験@KHI播磨



PM音響試験@JAXA TKSC

■ 開発状況

- 分離放てき試験を4月上旬に実施し、開発試験は良好に終了。

4. 開発状況(フェアリング系)

空へ挑み、宇宙を拓く



VTR約40秒

撮影日：2013/03/22
試験場所：川崎重工業
株式会社 播磨工場
内容：イプシロンロケット
フェアリングPM分離放擲試験

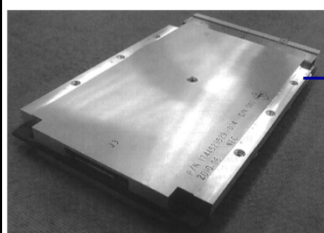
<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=18034f418f9a07648fc63229b6af4e52>

4. 開発状況(アビオニクス系)

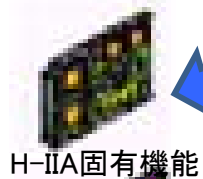
- ◆ 短期間で効率的に開発し、高い信頼性を実現させるため、H-II Aロケット用機器やM-Vロケット搭載技術を最大限活用して構築
- ◆ 運用性向上のため、搭載点検系を新規開発

【誘導制御系】

- H-II A用機器の活用による開発期間短縮、信頼性・品質の安定化。



共通MPUボード

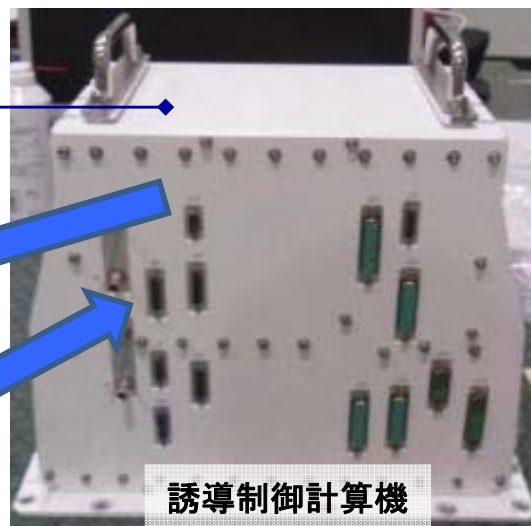


H-IIA固有機能



イプシロンロケット
固有機能

必要機能の相違をボード交換で対応



誘導制御計算機

【計測通信系】

- M-V技術やH-II A開発品を活用

【電力電装系】

- 電池: ロケット共通電池を使用
- 電力分配器: H-II A技術等を活用

【搭載点検系】

- イプシロン用機器として新規開発
- 射場整備作業時の機体の状態監視や火工品回路の健全性確認機能を機体内に持たせ、射場整備期間短縮に貢献
- ROSE(Responsive Operation Support Equipment)
機体に搭載し、射場整備作業時の機体の状態を監視する。
- MOC(Miniature Ordnance Circuit Checker)
火工品回路の健全性確認を行う。
打上げ前には機体から取り外し、次号機以降も繰り返し使用する。



ROSE-M



ROSE-S

機体状態監視機能
データHUB機能

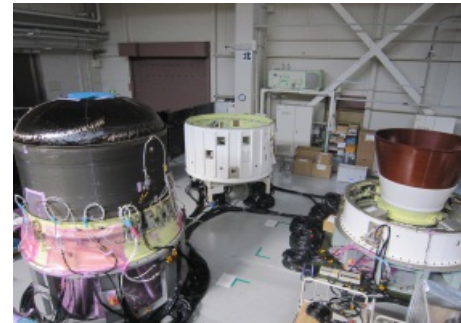
モニタデータ収集機能
電力制御機能

火工品回路点検機能
リフトオフ・分離 模擬機能



MOC

4. 開発状況(アビオニクス系)

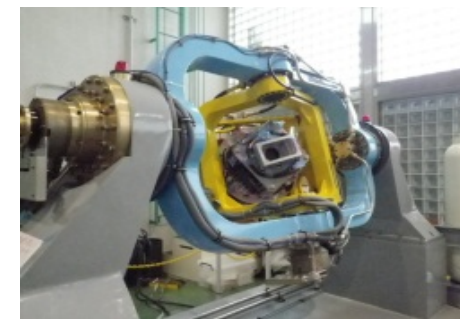


アビオニクス機器
開発試験
フライトソフトウェア
開発試験

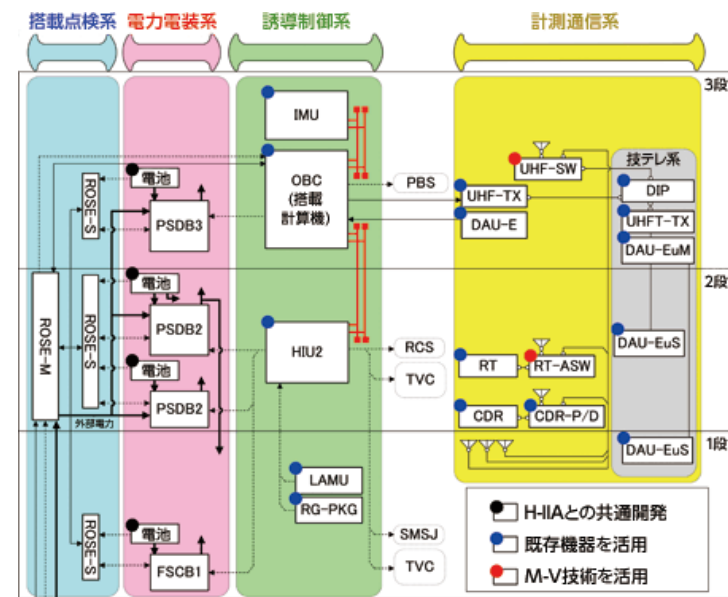
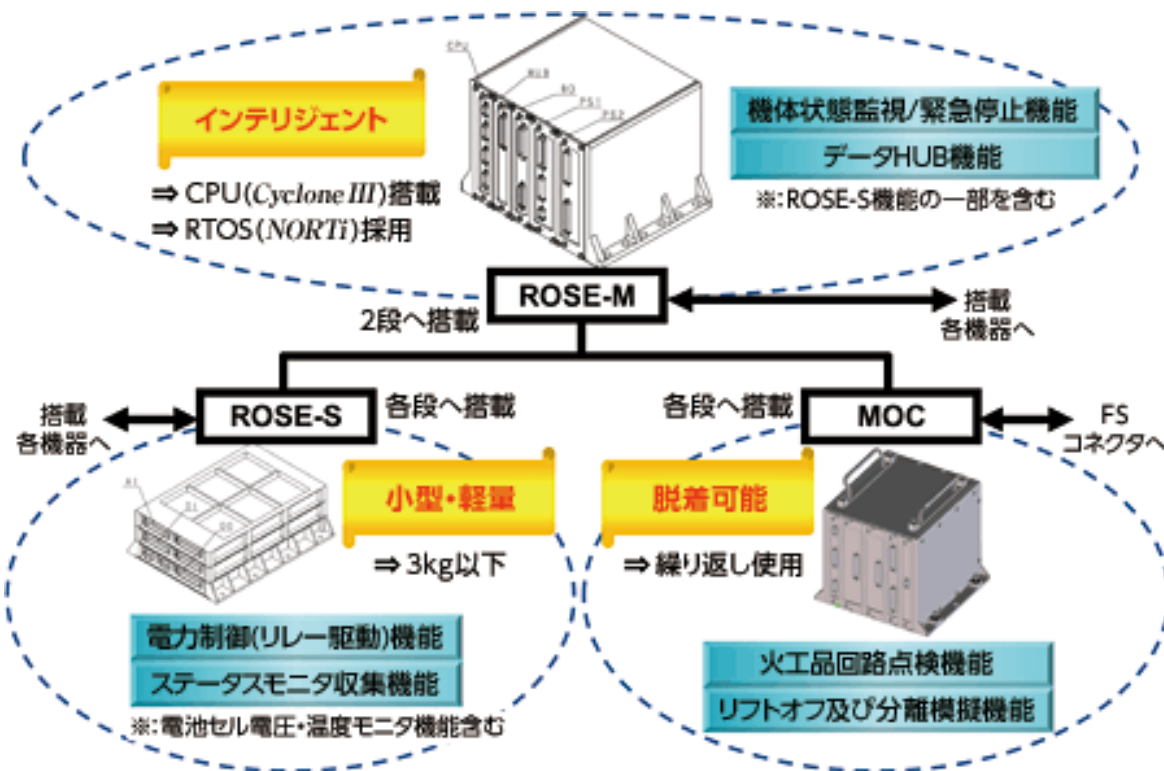
ハード／ソフト統合試験

電気系噛合せ試験

システム試験(MCO試験)



モーション
テーブル
試験



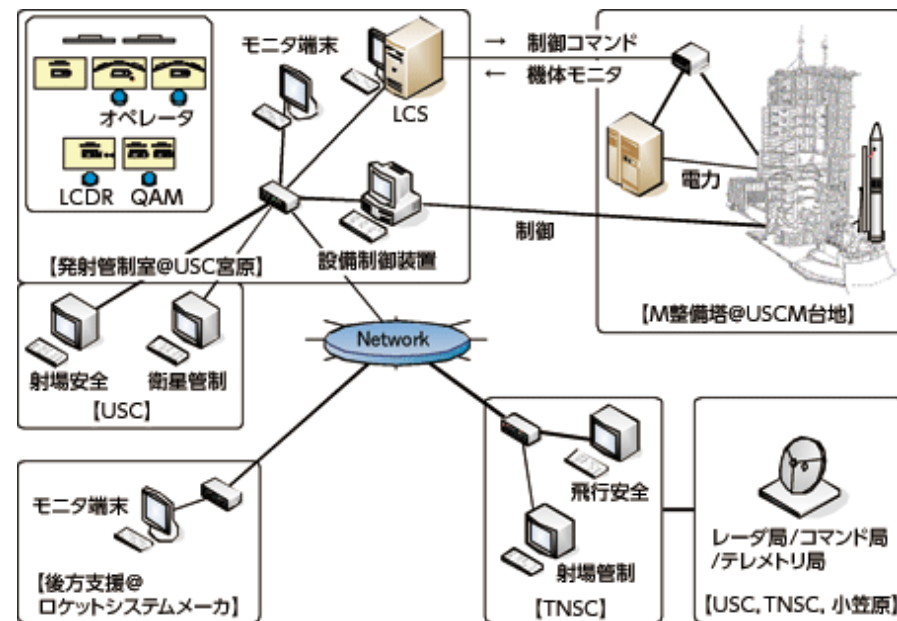
4. 開発状況(打上げ関連施設設備)

作業者最小化・点検時間短縮を目的として、発射管制設備を開発した。

発射管制設備は、以下の自動点検機能と自律点検機能を有し、パソコンとサーバでシステムを実現し、ネットワーク化することにより、場所によらない打上げ管制を可能とするものである。

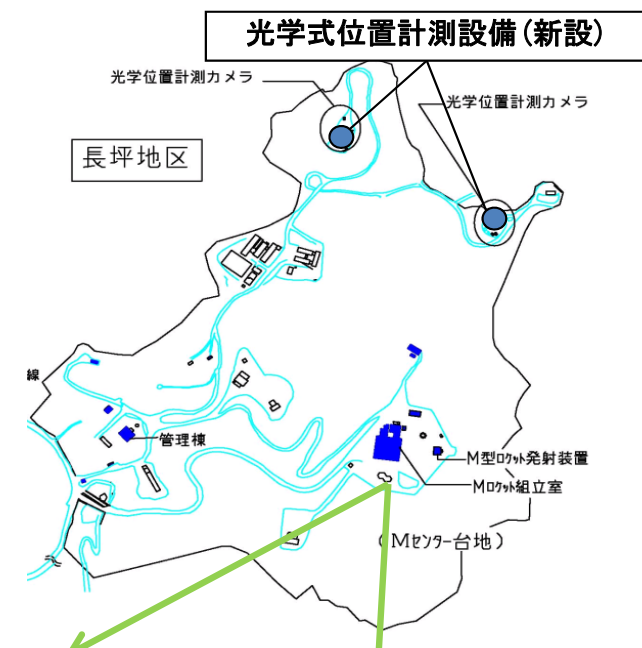
- 自動点検機能: 手順実行、閾値判定、作業記録を自動で行う機能
- 自律点検機能: 動的アナログデータのトレンド評価、故障部位の特定等を行う機能
(自律点検機能は、試験機ではデータ取得を行い運用号機で実現する計画)

発射管制設備は、ハードウェアの製作を完了し、工場での機体のシステム試験(MCO試験)が完了。



4. 開発状況(打上げ関連施設設備)

- Mロケット設備を最大活用
 - ・M型ロケット発射装置 改修
 - ・M組立室 改修
 - ・宮原レーダテレメータセンター 共用
- 基幹ロケット設備と共通化
 - ・可搬型レーダ 新設
 - ・可搬型保安コマンド 新設
- 安全確保(警戒区域外管制)
 - ・宮原多目的棟 新設



- イプシロン管制センター(新設)**
- ・ロケット発射管制
 - ・衛星管制

宮原

宮原レーダテレメータ
センター(共用)

可搬型保安
コマンド(新設)

可搬型レーダ
(新設)

光学式位置計測設備(新設)



M型ロケット発射装置(改修)

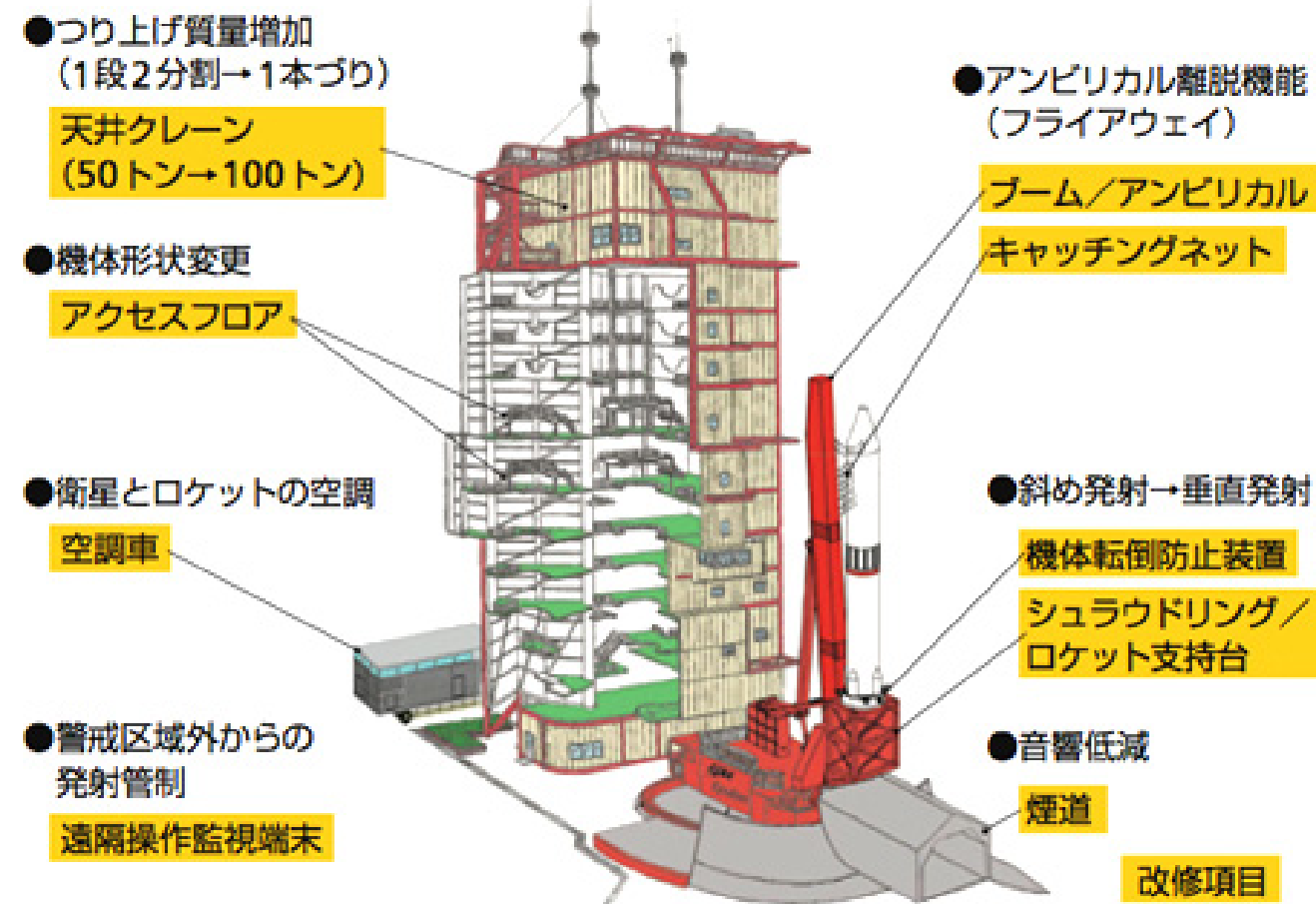
- ・全段組立、全段点検
- ・機体支持・射座への旋回
- ・射座機能(音響緩和)



M組立室(改修)

- ・ロケット各段組立点検
- ・衛星点検

4. 開発状況(イプシロンロケット発射装置)



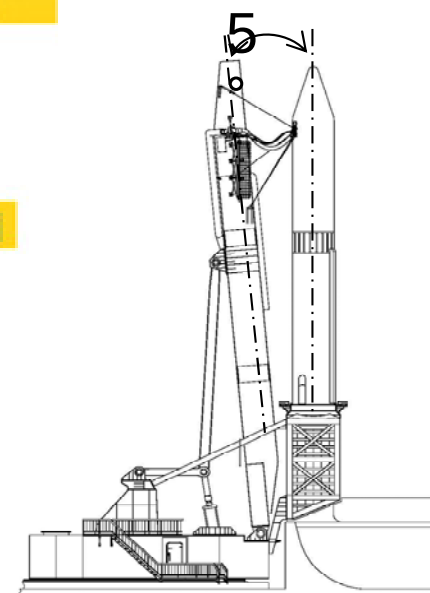
©柴田孔明／宇宙作家クラブ



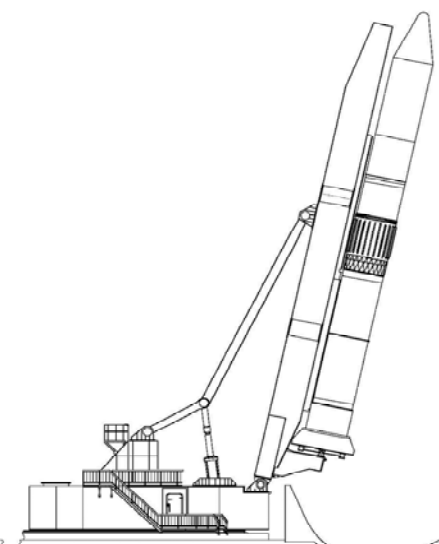
©柴田孔明／宇宙作家クラブ



©柴田孔明／宇宙作家クラブ



イプシロン(垂直発射)



M-V(傾斜発射)

5. 今後の予定

☆5月末より、機体各段を順次射場に搬入し、組立、全段システム点検、打上げリハーサル等を実施する。

(完了)M型ロケット発射装置のランチャ旋回試験
(完了)打上げ関連施設設備の組み合わせ試験



各段モータ射場搬入・各段点検



1段射座据付・全段点検



打上げ(Y-O)リハーサル



打上げ



4月18日のランチャ旋回試験記者公開時の遠望

※ 機体輸送に際しては安全確保のため報道関係者への具体的なスケジュールの提示は控えておりますので、JAXAより写真と動画をご提供予定です。

※ M組立室における据付や組立て作業などの写真と動画をご提供予定です。

※ 報道陣の皆様への現地公開を調整中。
後日ご案内申し上げます。

※当日のプレス観覧席や記者会見時刻などを別途、取材要領としてご案内予定です。

補足資料

(1) 開発移行前

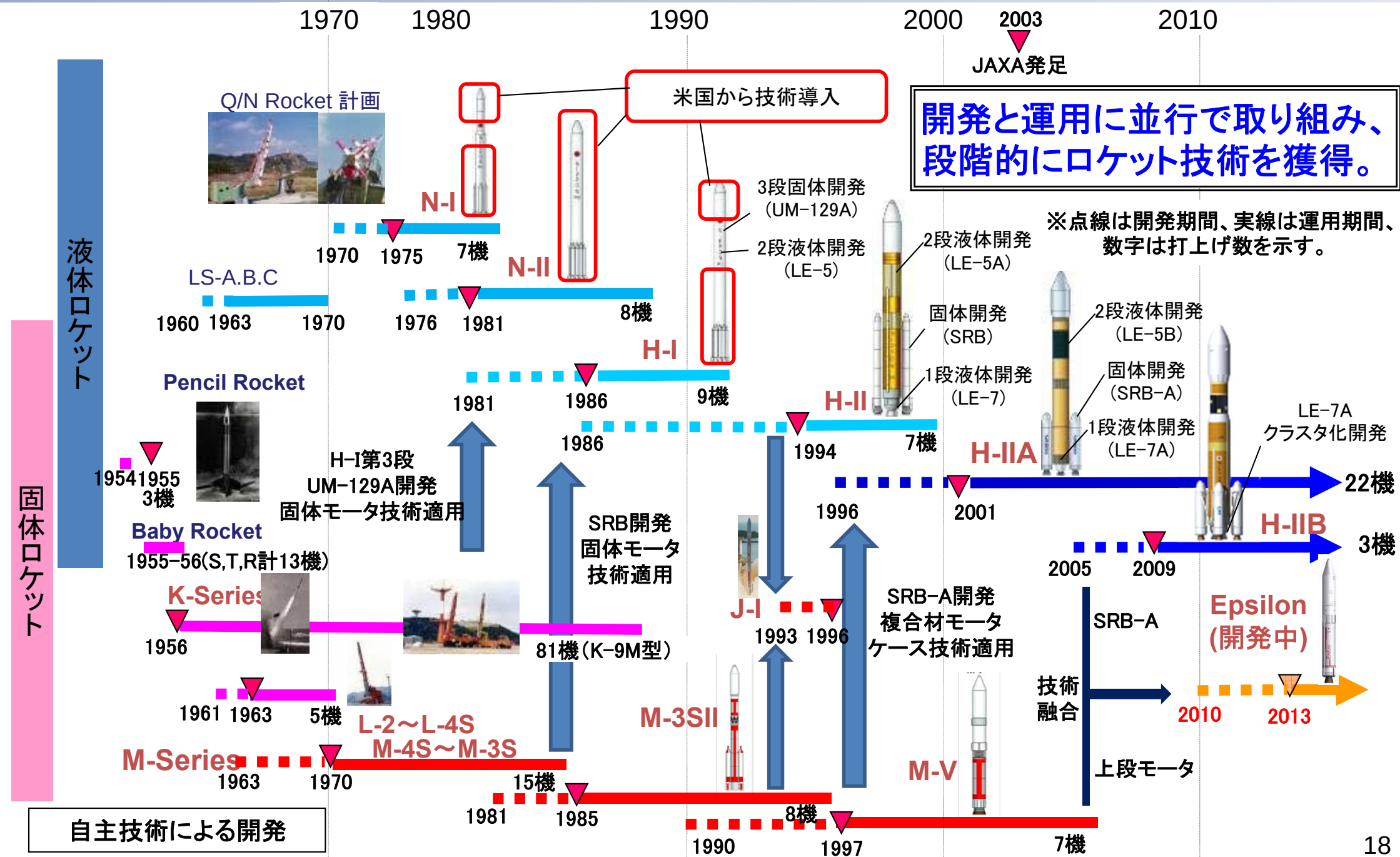
- ①平成19年8月に宇宙開発委員会により「開発研究への移行が妥当」との評価を受けた。
- ②平成22年7月に宇宙開発委員会により「開発に着手することが妥当」との評価を受けた。

(2) 開発移行後

- ①平成23年10月にJAXA基本設計審査を実施して詳細設計フェーズに移行した。
- ②平成24年7月にJAXA詳細設計審査を実施して維持設計フェーズに移行した。
- ③イプシロンロケット機体開発は順調に進行し、平成25年4月4日の宇宙開発利用部会(第9回)に開発状況を報告した。

(本日の記者勉強会説明資料は当該報告資料より抜粋)

我が国のロケット開発の歴史



1. 1 我が国の固体ロケット開発経緯

(1) 開発の歴史

宇宙政策委員会 宇宙輸送システム部会
第2回 JAXA提出資料より



1954年 東京大学生産技術研究所にて糸川らが固体ロケット研究開始

1955年 ペンシルロケット・ベビーロケット発射試験, 基礎技術を蓄積

1956年~ K(カッパ)ロケット打上げ. IGY(国際地球観測年)用の高度60km上層大気観測を達成
(達成は米ソ英日のみ) 以後東京大学宇宙航空研究所へ宇宙理工学の活動を集約

1963年~ L(ラムダ)ロケット打上げ(内之浦)

1970年 ラムダロケットL4SC-5により日本初の人工衛星おおすみの軌道投入に成功

1970年~ M(ミュー)-4Sロケット打上げ.

たんせい, しんせい(初の 科学衛星), でんば等各種科学衛星を軌道に投入

1974年~ M-3シリーズロケット打上げ, 3段式に変更

1977年~ TT-500, TT-500A, TR-I, TR-IAによる技術データ取得、微小重力実験を実施

1985年~ M-3SIIロケット打上げ、ハレーすい星探査試験機を地球脱出軌道に投入
(世界初の固体燃料ロケットによる地球脱出軌道投入)

1996年 J-Iロケット打上げ、HYFLEX飛行実験を実施

1997年~ M-Vロケット初号機打上げ, モータ直径を2.5mに拡大. 2003年はやぶさ打上げ

2006年 7号機打上げをもってM-V運用終了

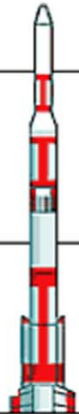
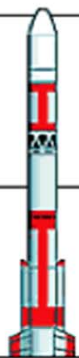
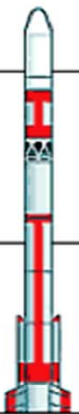
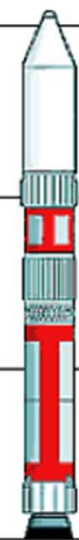
2010年~ 小型科学衛星の2013年度早期打上げ要望, 固体ロケットシステム技術維持のため空白期間の極小化の必要性などを総合的に検討し, 2010年8月SAC事前評価にて, 第2段階への発展を前提としたイプシロンロケット第1段階の開発へ移行

2013年 イプシロンロケット試験機打ち上げ予定



1. 1 我が国の固体ロケット開発経緯

(2) 宇宙科学におけるMロケット発展の経過とその特徴

	M-40 M-30		M-3A		KM-A M-3A		M-3B M-23		KM-P M-3B M-23		KM-V M-34 M-24 M-25 M-14
M-4S		M-3C		M-3H		M-3S		M-3SII		M-V	
23.6m		20.2m		23.8m		23.8m		27.8m		30.7m	
1.41m		1.41m		1.41m		1.41m		1.41m		2.5m	
43.6t		41.6t		48.7t		48.7t		61t		139t	
180kg		195kg		300kg		300kg		770kg		1800kg	

日本の科学衛星計画の発展とともに一体で開発・運用し能力向上

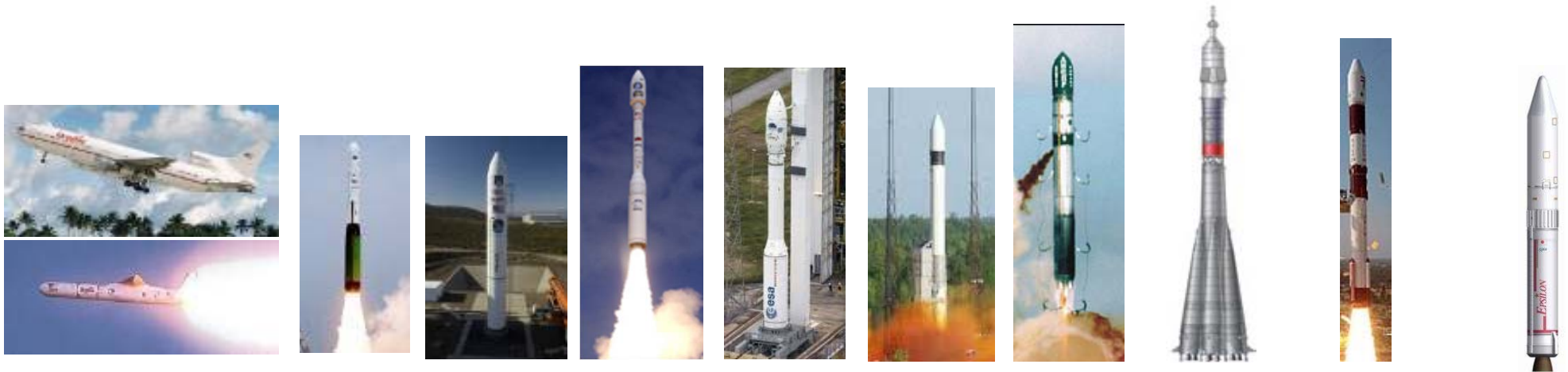
軽量化・高性能化の追求による世界レベルの能力の獲得

小型観測ロケットも含めたインハウスでの一貫した研究・開発・試験・運用の体制

実機の運用を通じた経験の次の研究課題への反映

ミッション達成を通じた研究者・技術者の高い動機づけの維持

主要中小型ロケットの比較



ロケット名	ペガサス XL	ミノタウルス I	ミノタウルス IV	トーラスXL	ベガ	ロコット	ドニエプル	ソユーズ	PSLV	イプシロン
国名	米国	米国	米国	米国	欧州	欧／露	露	露	インド	日本
製造企業	Orbital Sciences Corporation				European Launch Vehicle	Eurockot Launch Services	ISC Kosmotras	Progress 工場	ISRO	アイエイチアイ エアロスペース
成功／打上	36／41	10／10	5／5	6／9	1／1	16／18	16／17	743/766	20／22	開発中
打上げ成功率	88%	100%	100%	66%	100%	89%	94%	97%	91%	—
打上能力t (LEO500km)	0.4	0.6	1.8	1.4	2.3	2.0	2.7	4.6 (クールー 打上)	1.6 (SSO 620km)	1.2トン

2013年3月末現在

イプシロンロケットの解説資料

イプシロン ロケットが拓く新しい世界



こちらのサイトで各系の詳しい解説が参照頂けます。 <http://www.isas.jaxa.jp/j/column/epsilon/index.shtml>

第1回	飛び出せイプシロン
第2回	イプシロンが目指すもの
第3回	すべては衛星ミッションのために
第4回	イプシロンの基本諸元と機体構成
第5回	イプシロンロケットの推進系
第6回	イプシロンロケットの構造系
第7回	イプシロンロケットのアビオニクス
第8回	イプシロンロケットの誘導制御系
第9回	イプシロンロケットの運用と施設設備(1)全般
第10回	イプシロンロケットの運用と施設設備(2)自動・自律点検システム
第11回	運用と施設設備(3)射場整備作業と射場点検取扱設備
第12回	運用と施設設備(4)発射装置
第13回	運用と施設設備(5)イプシロン管制センター(ECC)

イプシロンロケットの開発試験



全機風洞試験
(平成22年度JAXA調布)



音響環境計測燃焼試験
(平成23年度JAXA能代)



サブサイズ固体モータ



サブサイズモータ地上燃焼試験
(平成23年度JAXA能代)



第3段搭載機器 音響試験
(平成24年度JAXA筑波)



PBS(ポストブーストステージ)
分離衝撃試験
(平成24年度JAXA相模原)



第3段モータケース(右上)
と強度試験の様子

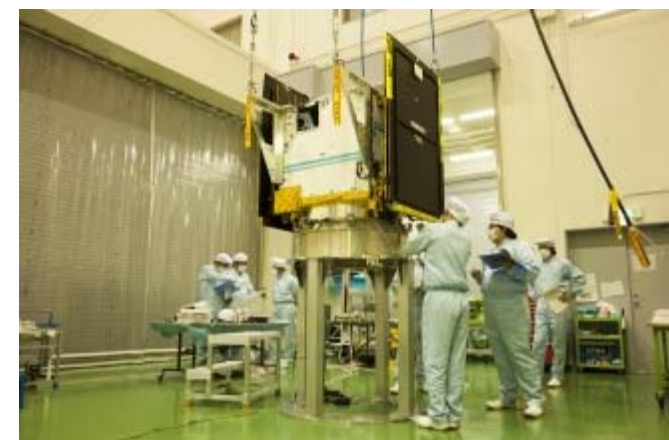


2段ノズル伸展試験
(平成24年度JAXA相模原)



2・3段分離試験(平成24年度JAXA相模原)

©JAXA/JOE NISHIZAWA



衛星結合リング確認試験

©JAXA/JOE NISHIZAWA

内之浦宇宙空間観測所

概要

1962(昭和37)年、東京大学生産技術研究所(当時)の附属施設、鹿児島宇宙空間観測所として設置された内之浦宇宙空間観測所は、科学観測ロケット及び科学衛星の打ち上げ並びに、それらの追跡及びデータ取得等の業務を行っている施設である。これまで大小390機を越すロケット打ち上げ、1970年(昭和45年)のわが国初の人工衛星「おおすみ」以来35個の衛星・探査機の打ち上げが行われた。



3.Mセンター



Mセンターは、Mロケット発射台地であり、ここにはMロケット発射装置、ロケット組立室、発射管制室がある。



1. 管理センター
2. 宇宙科学資料センター
3. Mセンター
4. KSセンター
5. コントロールセンター
6. テレメータセンター
7. 20mアンテナ
8. 34mアンテナ

4.KSセンター

KSセンターからは、1970年にL-4S-5号機で、日本初の人工衛星「おおすみ」はここから打ち上げられた。現在はS-520、S-310型観測ロケットの発射台地である。



略語集

PBS	Post Boost Stage	小型液体推進系
SRB-A	Solid Rocket Booster	固体ロケットブースタ
M-34c	—	(イプシロンロケット2段モータの名称)
KM-V2b	—	(イプシロンロケット3段モータの名称)
SMSJ	Solid Motor Side Jet	固体モータサイドジェット
SPM	SPin Motor	スピンモータ
PDR	Preliminary Design Review	基本設計審査
CDR	Critical Design Review	詳細設計審査
PQR	Post Qualification Review	開発完了審査
MCO	Mission CheckOut	ミッションチェックアウト
FM	Flight Model	フライトモデル
PM	Prototype Model	プロトタイプモデル
CFRP	Carbon Fiber Reinforced Plastic	炭素繊維強化プラスチック
ROSE	Responsive Operation Support Equipment	即応運用支援装置
MOC	Miniature Ordnance Circuit Checker	小型火工品回路点検装置