

# イプシロンSロケット開発状況に関する説明会

---

2023年7月7日(金)  
宇宙航空研究開発機構

## 1. イプシロンSロケット開発について

1. 1 イプシロンロケット開発

1. 2 イプシロンSロケットについて

1. 3 イプシロンSロケットの開発状況

## 2. 2段モータ地上燃焼試験

2. 1 2段モータについて

2. 2 地上燃焼試験の目的

2. 3 地上燃焼試験の概要

2. 4 地上燃焼試験場の全体図

2. 5 準備作業状況

2. 6 試験実施条件

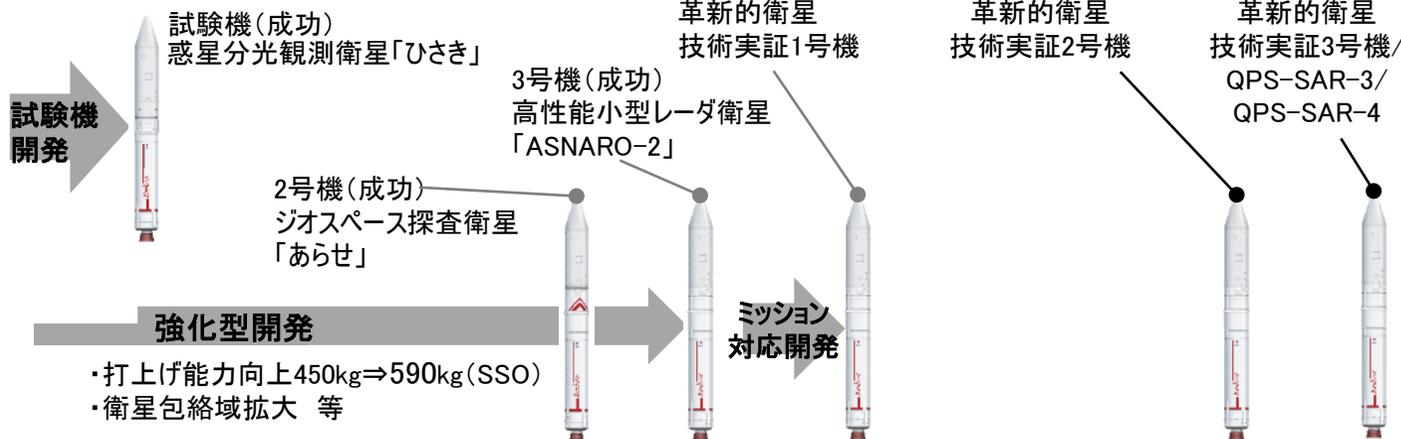
2. 7 タイムスケジュール

# 1.1 イプシロンロケット開発

- 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段階の開発を推進。
  - 第1段階: M-V及びH-IIAで培った技術を最大限活用し、6号機まで打上げ
  - 第2段階: 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
- 6号機打上げ失敗原因・背後要因に関する対策をイプシロンSロケットに確実に反映し、信頼性を向上させる。

FY2013	FY2014	FY2015	FY2016	FY2017	FY2018	FY2019	FY2020	FY2021	FY2022	FY2023	FY2024~
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------

## 第1段階



＜第1段階の主な成果＞

- ① コンパクトな打上げ運用
- ② 世界トップレベルの衛星搭載環境
- ③ 高い軌道投入精度
- ④ 複数衛星同時打上げ

## 第2段階



## 1. 2 イプシロンSロケットについて

### 【国際競争力強化の方策】

#### ■ 世界標準以上の衛星インタフェース

##### これまでの成果

- ・コンパクトな打上げ運用(即応性)
- ・世界トップレベルの衛星搭載環境  
(音響、振動、衝撃)
- ・高い軌道投入精度(PBSによる)
- ・複数衛星同時打上げ(革新対応成果利用)



##### 本開発で実現

- ・フェアリングのカプセル化:  
衛星搭載から10日以内で打上げ
- ・3段姿勢制御方式(TVC):  
衛星搭載条件を緩和(ロール角速度)

⇒衛星の負担軽減、ユーザフレンドリネスを追求

#### ■ 高信頼性

6号機打上げ失敗の原因・背後要因に関する対策、そこで得られた知見・教訓を確実に反映し、**基幹ロケットとしての高信頼性を確保**

#### ■ 競争力のある打上げ価格

打上げ輸送サービス化し、**世界の小型衛星打上げ市場で競争可能な価格帯を実現**

#### ■ 高頻度な打上げ機会

**年2機以上、契約から1年以内**に計画通り打ち上げられるシステムを実現



## 1.2 イプシロンSロケットについて

### 【ミッション要求】

商業衛星需要分析や競合ロケット分析などをもとにプロジェクト目標達成のための定量的な指標となるミッション要求を設定。主なものを以下に示す。

項目	ミッション要求	設定根拠
打上げ能力	SSO軌道 600kg以上(高度350~700km) LEO軌道 1,400kg以上/高度500km(軌道傾斜角31.1deg)	小型衛星打上げ需要、競合ロケット分析より設定
複数衛星 打上げ	複数衛星打ち上げに対する拡張性を有すること	市場拡大が見込まれる小型衛星・超小型衛星の打上げ需要に柔軟に対応できるようにする
軌道投入精度	高度誤差±15km以下、軌道傾斜角誤差を±0.15deg以下	SSO軌道投入において競合ロケットと同等以上とするため。 (強化型の高度誤差±20km以下、軌道傾斜角誤差を±0.20deg以下より精度向上)
衛星搭載環境	世界最高レベルの音響・振動・衝撃環境	競合ロケットと同等以上となるように設定 (強化型での成果を継承)
標準 打上げ価格	世界の小型衛星打上げ市場で競争可能な価格とすること	(民間事業者の国際競争力への影響の観点から、具体的な数値の公表は差し控えさせていただく)
打上げスロット	3カ月に2機打上げ可能なこと	打上げ時期の柔軟性を確保するため
契約から打上げ までの期間	12か月以下(標準的なミッション)	競合ロケットと同等以上となるように設定
衛星受領から打 上げまでの期間	10日間以下(ロケットとの結合作業開始から打上げまでの作業期間)	競合ロケットと同等以上となるように設定 (強化型での成果を継承)
レイトアクセス	打上げ3時間前まで対応可能	競合ロケットと同等以上となるように設定 (強化型での成果を継承)

# 機体仕様(強化型との比較)



強化型

ロケットシステム		強化型		イプシオンS (仕様統一)
		基本形態	オプション形態	
全長		約26m		約27.2m
段構成		固体3段	固体3段 +PBS	固体3段+PBS
フェアリング分離		2段燃焼開始前 (機軸方向加速度なし)		2段燃焼中 (機軸方向加速度あり)
アビオニクス		H-IIAと共通(一部)		H3と共通(一部)
3段	搭載方式	フェアリング内 (インポーズ)		フェアリング外 (エクスポーズ)
	推進薬量	約2.5トン		約5トン
	姿勢制御	スピン安定		TVC + PBS
2段	推進薬量	約15トン		約18トン
	姿勢制御	TVC + RCS		TVC + RCS
1段	モータ	SRB-A		SRB-3
	推進薬量	約66トン		約67トン
	姿勢制御	TVC + SMSJ		TVC + SMSJ



イプシオンS

フェアリング  
カプセル化

3段モータ大型化  
3段TVC化

2段モータ大型化

SRB-3適用

PBS: Post Boost Stage (小型液体推進系)  
 TVC: Thrust Vector Control (推力方向制御)  
 RCS: Reaction Control System (ガスジェット装置)  
 SMSJ: Solid Motor Side Jet (姿勢制御用補助推進系)

# 強化型までの成果

■ イプシロンSロケットでは強化型ロケットで達成した成果を継承し、発展させる。

① コンパクトな打上げ運用(発射管制、点検)

⇒イプシロンSではさらなる効率化を目指した遠隔発射管制システムを検討中



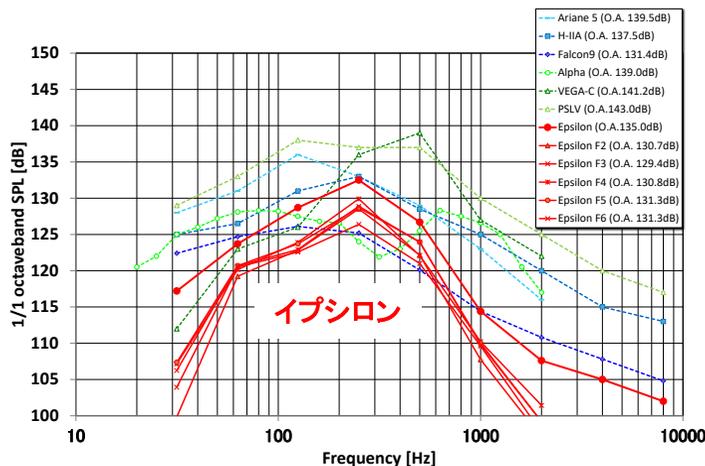
M-Vロケット打上げ時  
約60人



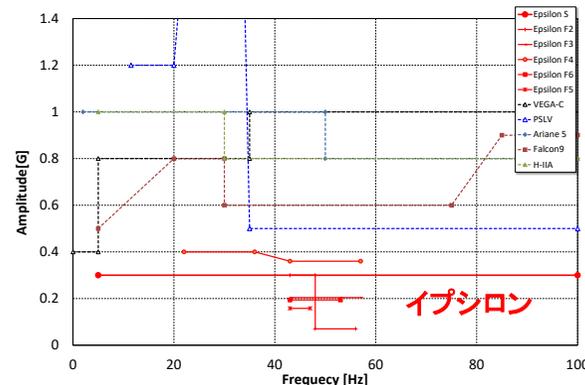
イプシロンロケット打上げ時  
発射管制オペレータ6人

② 世界トップレベルの衛星搭載環境

⇒イプシロンSで成果を継承



低音響

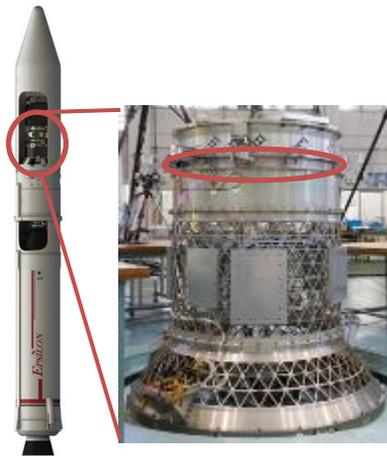


低振動(正弦波)

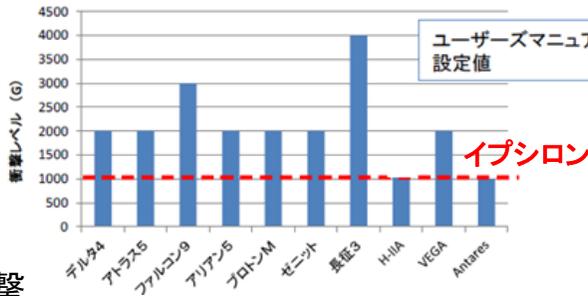
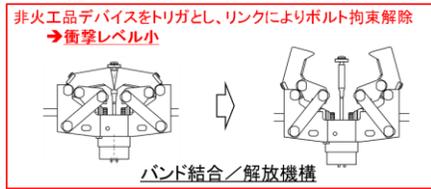


## 強化型までの成果

### ② 世界トップレベルの衛星搭載環境(つづき)



低衝撃

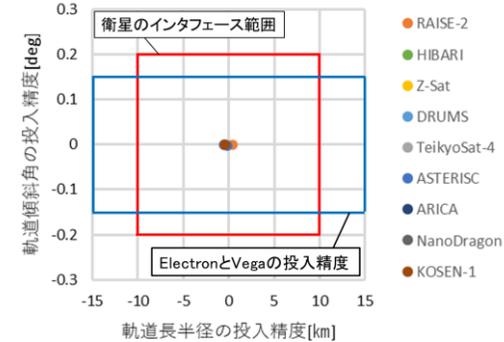


### ③ 高い軌道投入精度

⇒イプシロンSで成果を継承



小型液体推進系(PBS)



軌道投入実績

(革新的小衛星技術実証機2号機/イプシロン5号機)

### ④ 複数衛星同時打上げ

⇒イプシロンSで成果を継承し、多様な小型衛星の打上げ需要に対応できるよう設計に反映



#### 7衛星搭載

- ・200kg級 × 1
- ・50kg級 × 3
- ・キューブサット × 3 (1U/2U/3U)

革新的小衛星技術実証機1号機 (イプシロン4号機)



#### 9衛星搭載

- ・100kg級 × 1
- ・50kg級 × 4
- ・キューブサット × 4
- 1U × 1
- 2U × 1
- 3U × 2

革新的小衛星技術実証機2号機 (イプシロン5号機)



#### 8衛星搭載

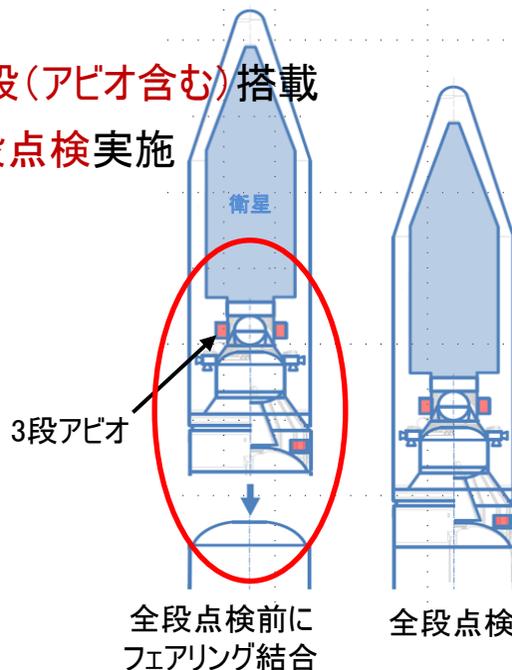
- ・100kg級 × 1
- ・170kg級 × 2
- ・キューブサット × 5
- 1U × 2
- 2U × 2
- 3U × 1

革新的小衛星技術実証機3号機・QPS-SAR-3・QPS-SAR-4 (イプシロン6号機)

# フェアリングカプセル化による運用性向上

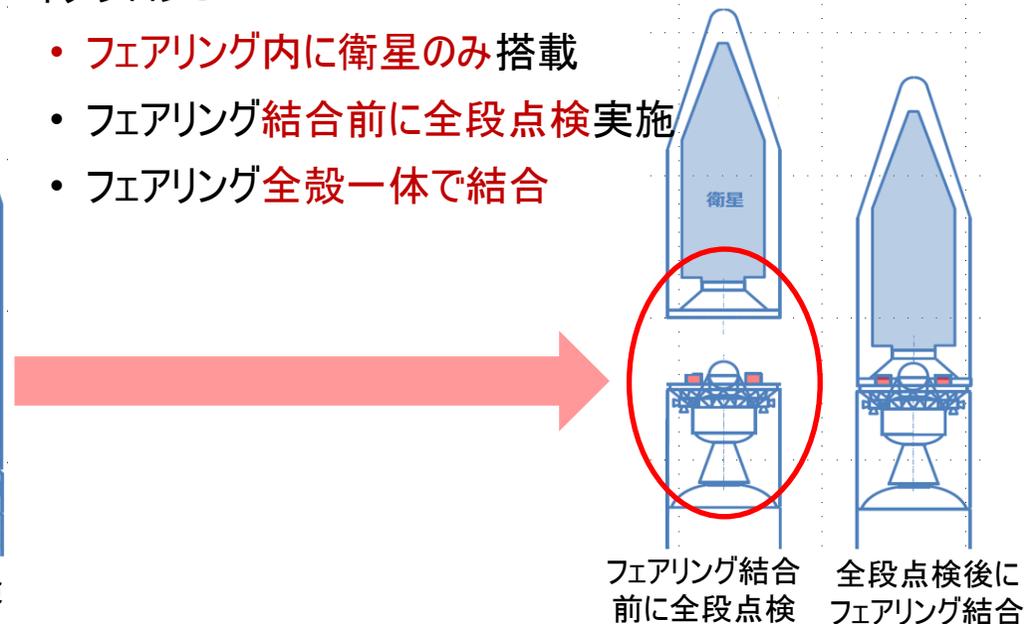
## 強化型

- フェアリング内に衛星と3段(アピオ含む)搭載
- フェアリング結合後に全段点検実施
- フェアリング半殻ずつ結合



## イプシロンS

- フェアリング内に衛星のみ搭載
- フェアリング結合前に全段点検実施
- フェアリング全殻一体で結合



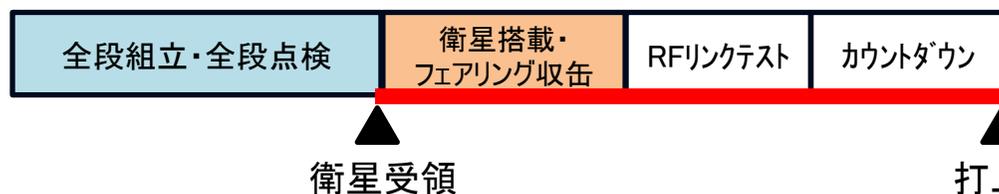
## 衛星受領から打上げまでの期間

— : 衛星受領から打上げまでのパス

強化型  
実績 約1か月\*



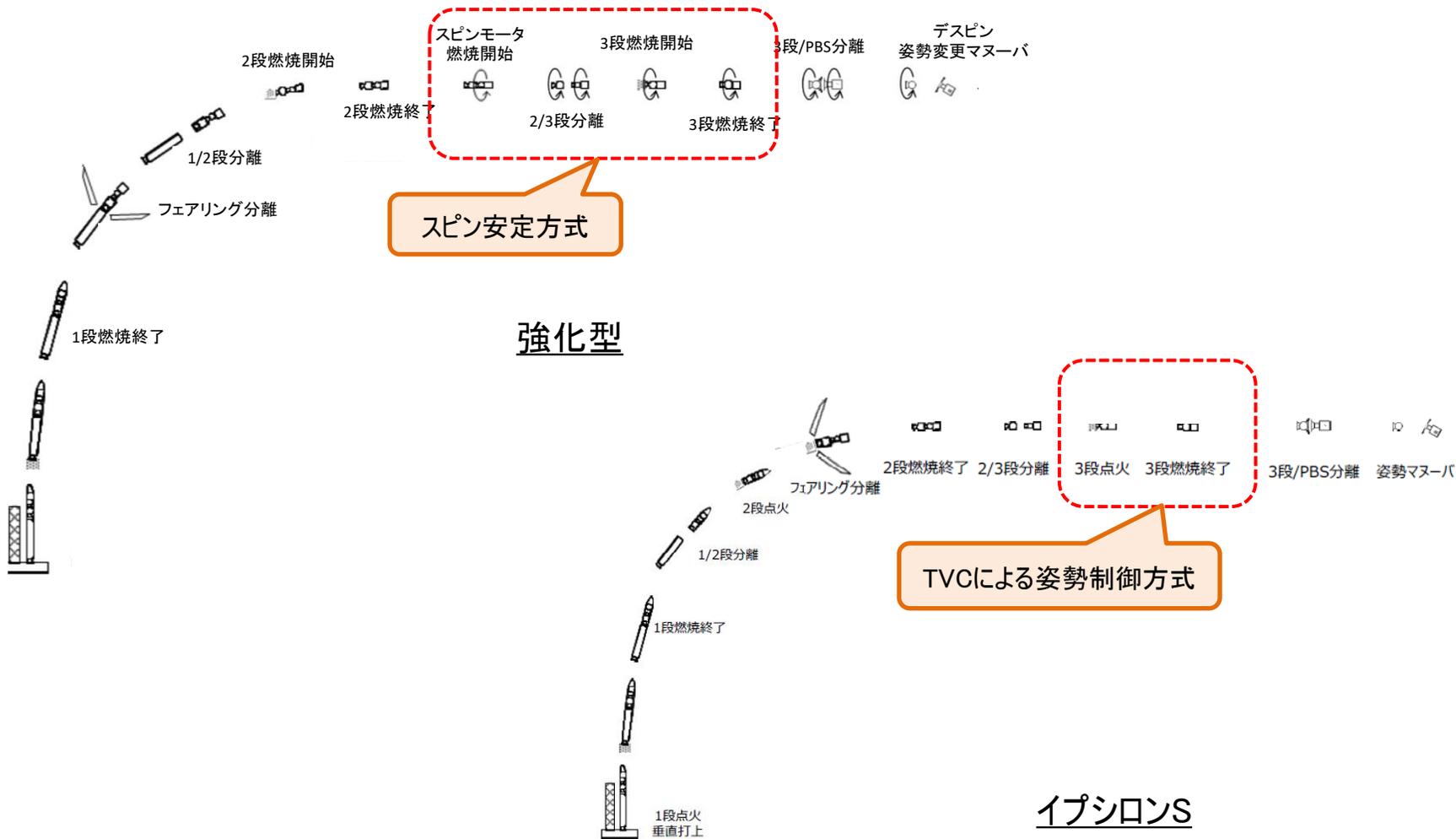
イプシロンS  
10日以内\*



(\* )カレンダーデイ

# 3段TVC化による衛星搭載条件緩和

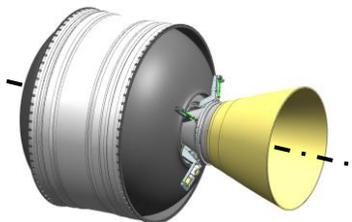
イプシロンSでは3段姿勢制御方式をTVCとすることで、強化型のスピン安定方式と比較して**衛星に対するインタフェース条件(ロール角速度、衛星重心オフセット要求)を改善**。



# サブシステムの特徴(固体推進系)

■ 固体モータ技術の流れを示す。

強化型

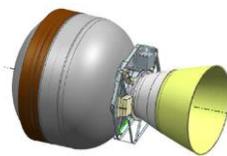


2段モータ

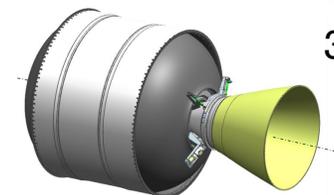
強化型技術適用・大型化



イプシロンS



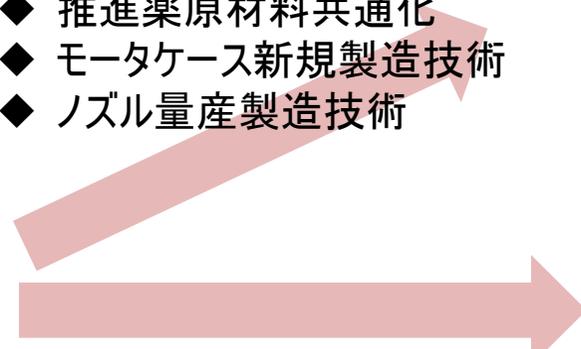
3段モータ



2段モータ

H3技術適用

- ◆ 推進薬原材料共通化
- ◆ モータケース新規製造技術
- ◆ ノズル量産製造技術



SRB-3適用

イプシロン技術適用

- ◆ モータケース軽量化技術
- ◆ 単層断熱材
- ◆ ノズルスロート新規製造技術



SRB-3

H3

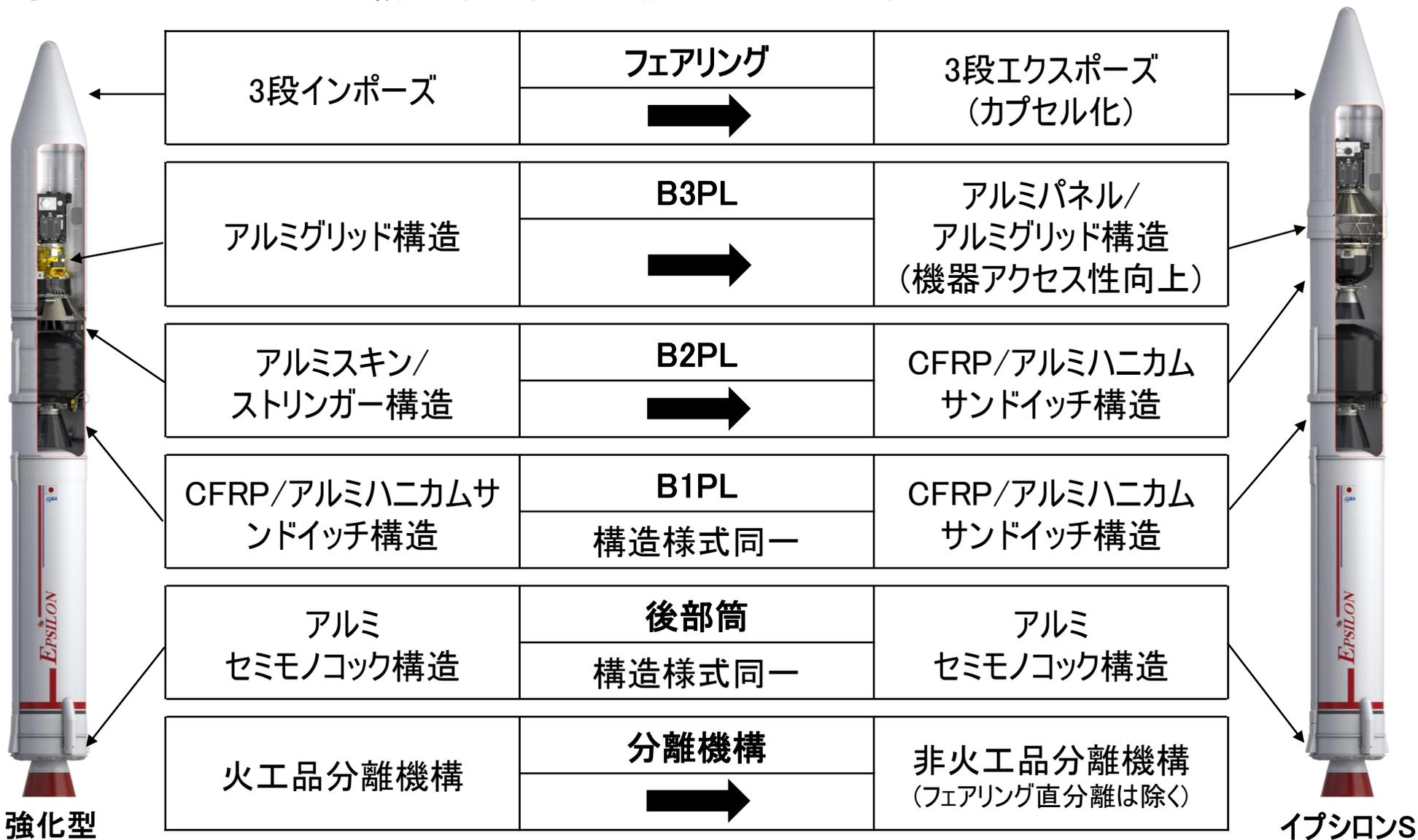


1段モータ

推力方向制御 (TVC)機能付加

# サブシステムの特徴（構造系）

■ 強化型とイプシロンSの構造系仕様の比較を以下に示す。

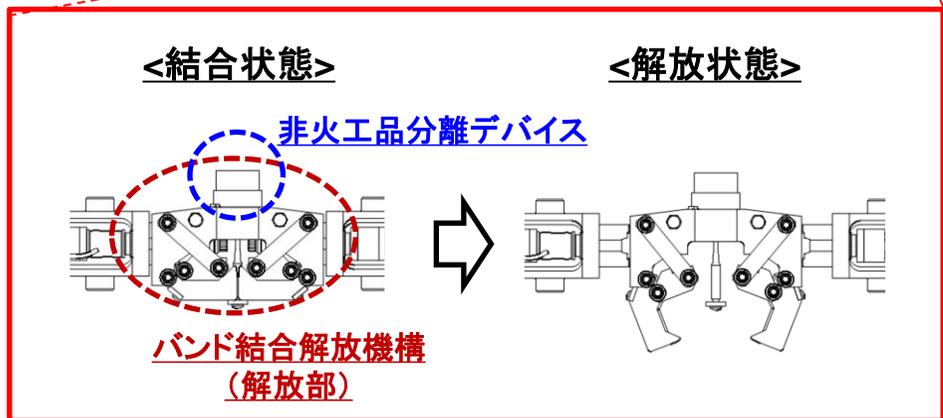
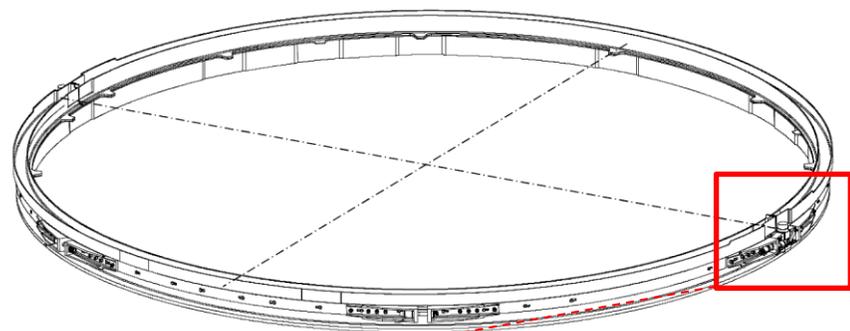


強化型

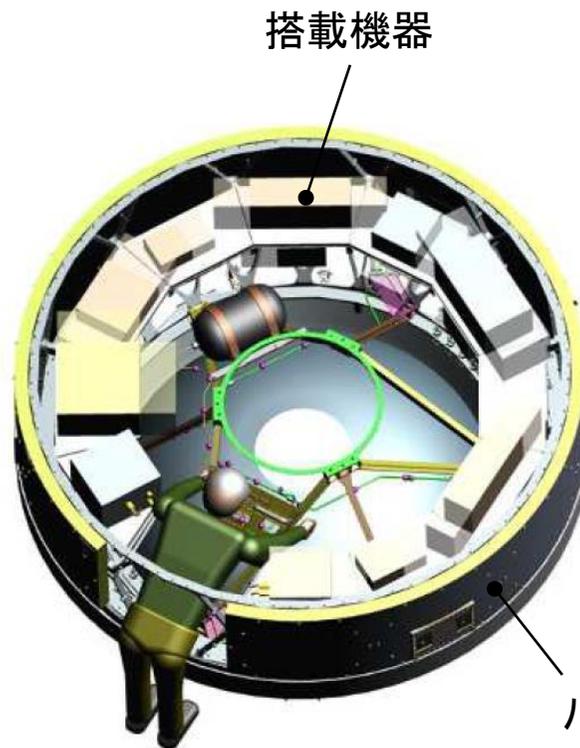
イプシロンS

# サブシステムの特徴（構造系）

- フェアリング曲分離機構と段間分離機構に非火工品分離機構を採用し、**分離時発生衝撃低減(環境条件緩和)**。
- B3PL主構造に開口を広くとるグリッドパターンを採用し、外面に着脱可能なパネルを取り付けることで、**PBS・アビオニクス機器へのアクセス性向上**。



フェアリング曲分離機構



B3PL(第3段機器搭載構造)

フェアリング  
曲分離機構

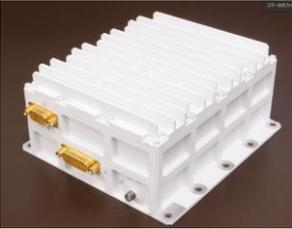
B3PL



# サブシステムの特徴(アビオニクス)

■ **小型・軽量化、機器構成のシンプル化等により信頼性向上と低コスト化を図る。**

- ① アビオニクス機器の高機能化、機能集約・統合
- ② 各段機器間の通信ネットワーク化による通信高速化、ハーネス削減等のシンプル化
- ③ H3開発成果活用による設計・部品の共通化、射場施設設備とのインタフェース共通化

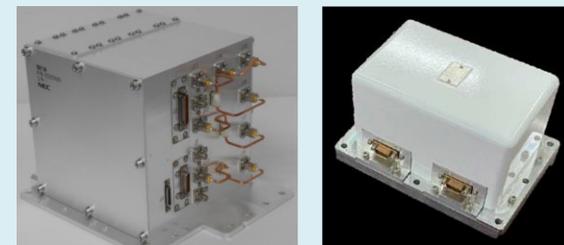
	強化型		イプシロンS
送受信機 統合	 テレメータ送信機	 コマンド受信機 (実物と異なる)	 送受信機 <b>統合</b>
アンテナ 機器集約	 2段に16個	 3段に2個	 3段に10個 <b>集約</b>

機器構成シンプル化の例

## 冗長複合航法システム(RINS\*)

- ✓ ロケットの位置・速度を計測する機器。イプシロンSとH3で共通的に搭載。
- ✓ 冗長回路技術により放射線耐性を高め低コスト化を図る。
- ✓ イプシロンロケット6号機で飛行実証用のRINSを搭載し、実飛行環境下での機能・性能を実証済み。

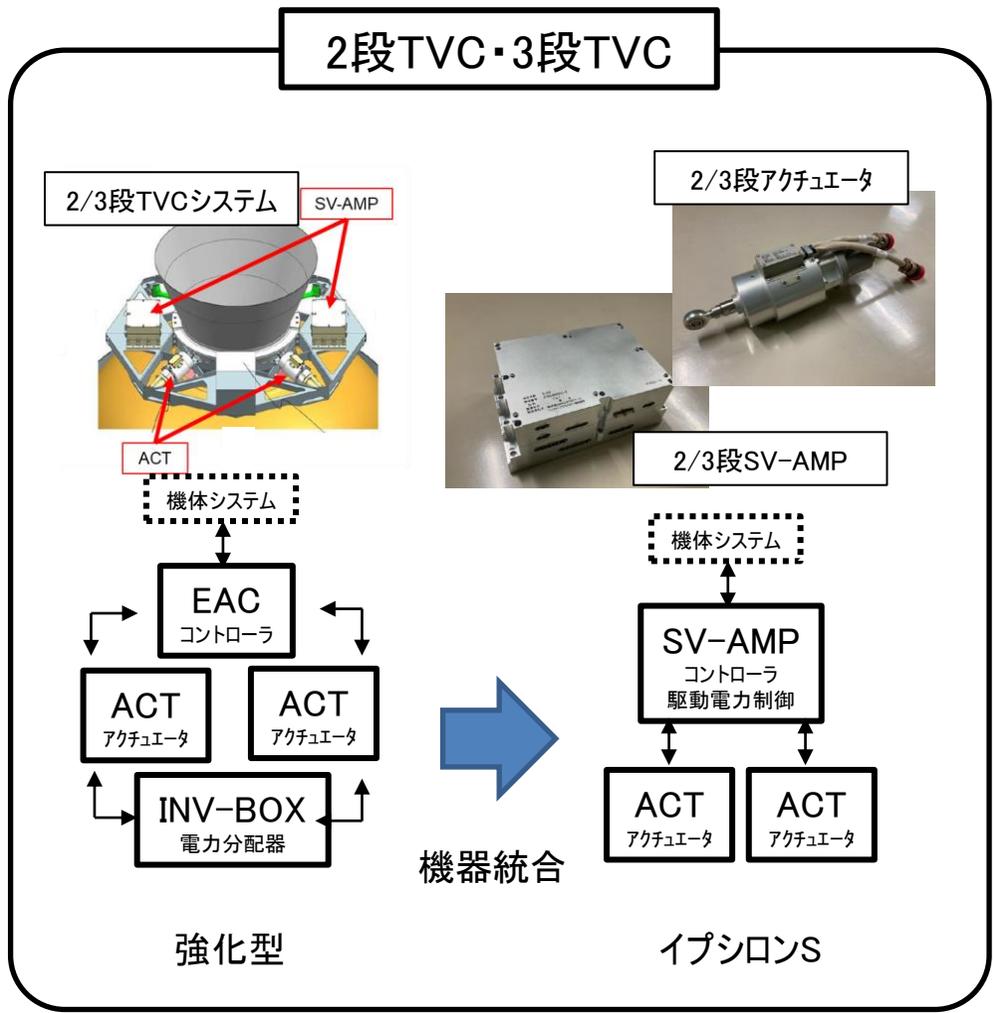
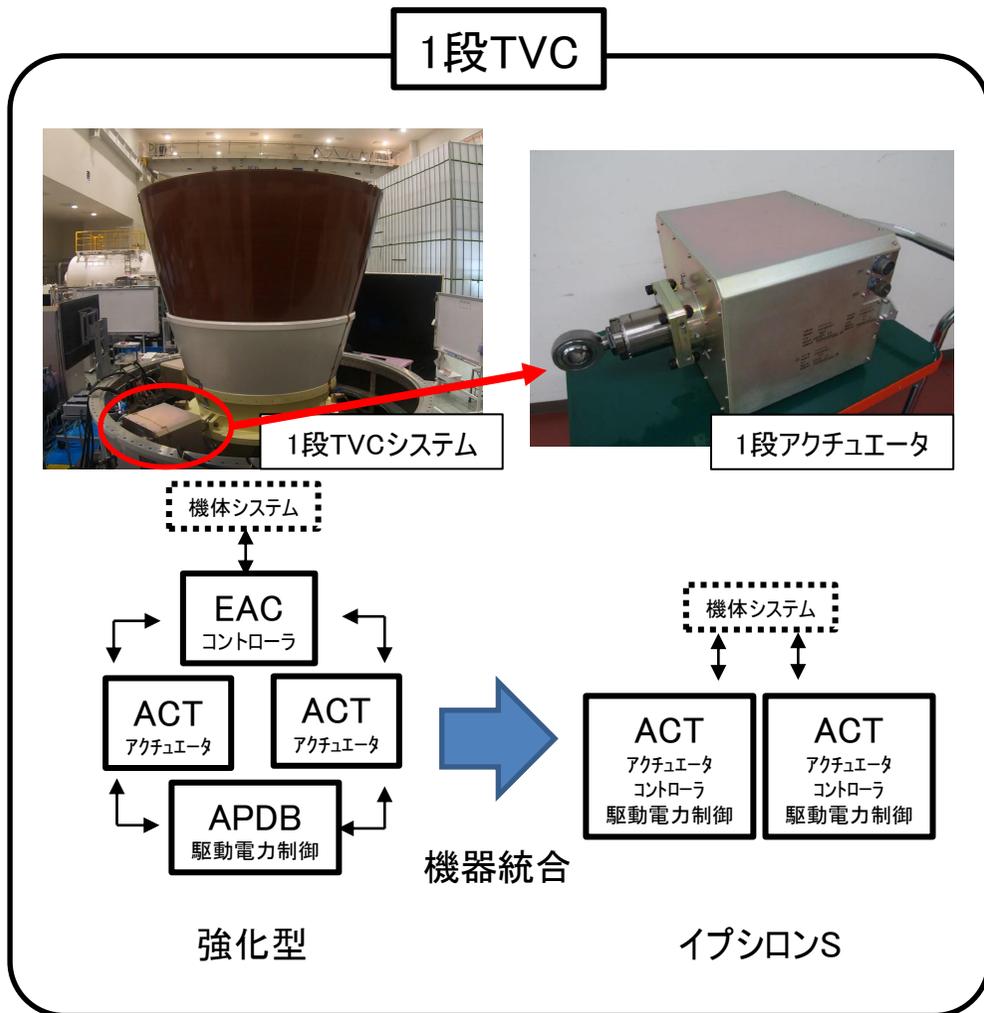
(\*) RINS: Redundant Integrated Navigation System



RINS構成品の一部  
 (左:航法計算機、右:センサユニット)  
 ※写真はエンジニアリングモデル

# サブシステムの特徴 (TVC)

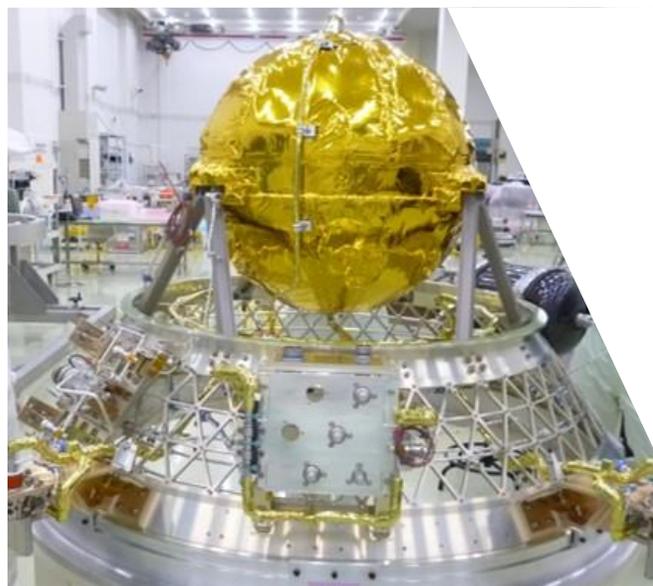
- TVCはノズルを駆動させて推力方向を変える姿勢制御装置。
- **機器統合、2段TVC・3段TVCの機器共通化により信頼性向上と低コスト化を図る。**



# サブシステムの特徴 (PBS)

- 搭載可能推進薬量の増加、ミッションに応じて推進薬量を調整可能 (柔軟性確保)
- 推進薬タンク単体取り付けによる運用性・安全性向上
- H3開発成果活用 (スラスト、バルブ等の機器共通化)

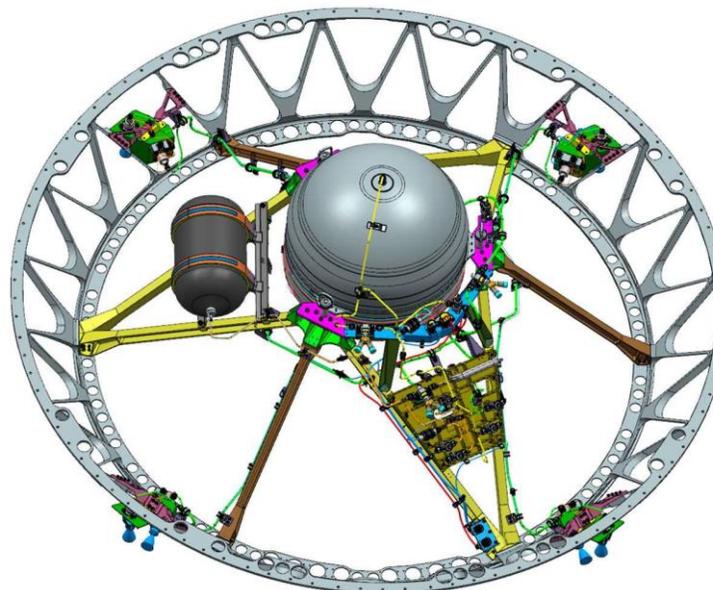
強化型



(製造段階の写真)

- ◆ 推進薬量: 130kg (固定)
- ◆ PBS全体を射場で結合

イプシロンS



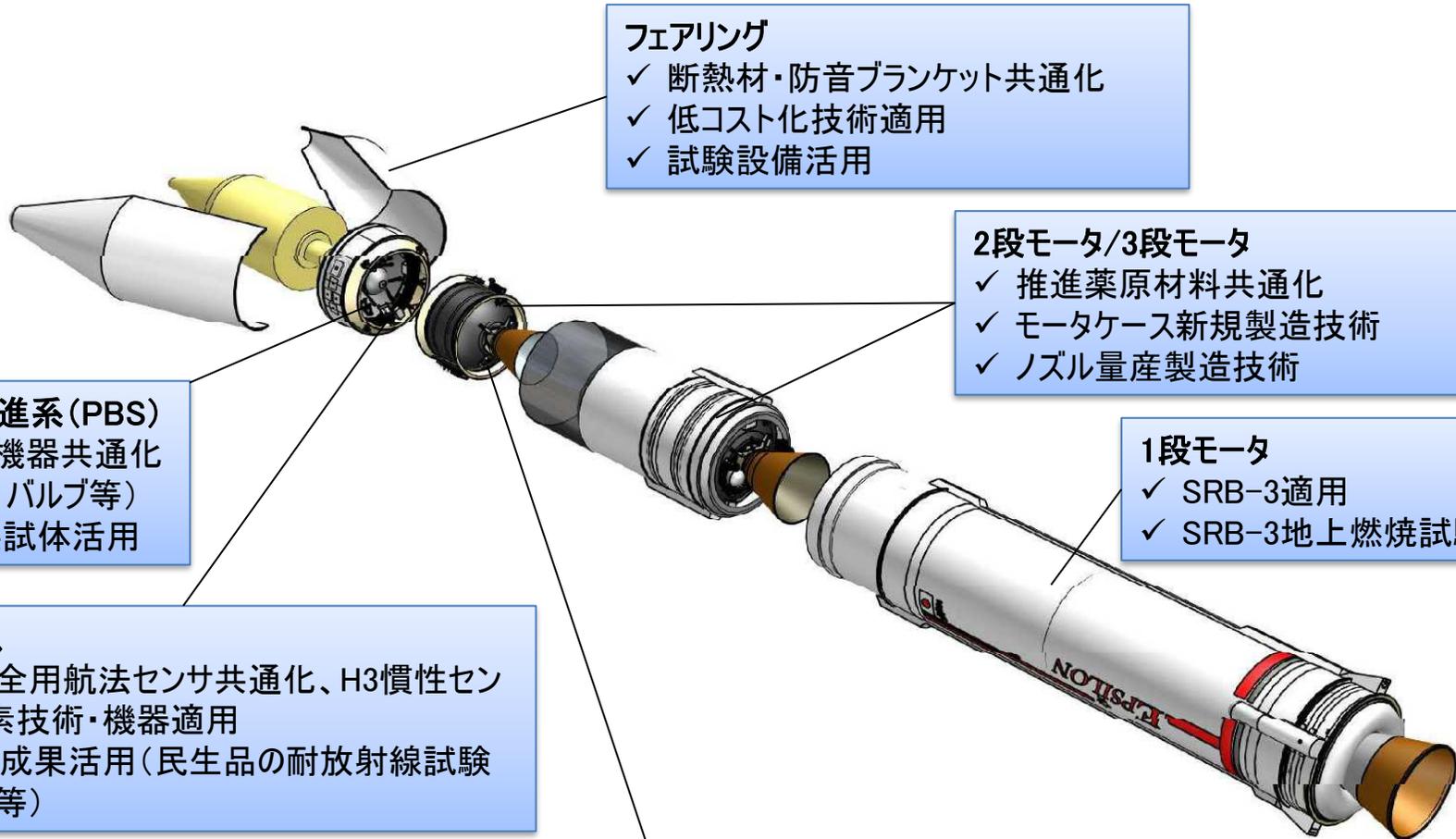
- ◆ 推進薬量: 最大160kg (可変)
- ◆ 推進薬タンク単体を射場で結合  
射場での推進薬 (ヒドラジン) の取扱い  
期間を縮小し運用性・安全性を向上



PBS  
搭載位置

# H3ロケットとのシナジー効果の発揮

H3とイプシロンSで技術・部品・機器等を共通化し、開発効率化、低コスト化を実現する。



**フェアリング**  
 ✓ 断熱材・防音ブランケット共通化  
 ✓ 低コスト化技術適用  
 ✓ 試験設備活用

**2段モータ/3段モータ**  
 ✓ 推進薬原材料共通化  
 ✓ モータケース新規製造技術  
 ✓ ノズル量産製造技術

**1段モータ**  
 ✓ SRB-3適用  
 ✓ SRB-3地上燃焼試験機会活用

**小型液体推進系(PBS)**  
 ✓ H3RCSと機器共通化  
 (スラスタ、バルブ等)  
 ✓ 試験用供試体活用

**アビオニクス**  
 ✓ 飛行安全用航法センサ共通化、H3慣性センサの要素技術・機器適用  
 ✓ H3開発成果活用(民生品の耐放射線試験データ、等)

**火工品**  
 ✓ H3火工品と共通化

**射場施設設備**  
 ✓ 射場系・飛行安全系設備をH3と共通化

## (参考)プロジェクト名称

H3とのシナジー効果を発揮して国際競争力を強化するプロジェクト名称を以下のとおりとした。

日本語名称	: イプシロンSロケットプロジェクト
英語名称	: Epsilon S Launch Vehicle Project
通称	: “イプシロンS”、“Epsilon S”

### “Sの意味”

Synergy(シナジー) × Speed(即応性) × Smart(高性能) × Superior(競争力) × Service(打上げ輸送サービス)”

(参考)2010.7.14 宇宙開発委員会報告資料抜粋 イプシロン名称の経緯

本ロケットの名称を「イプシロン(E)ロケット」とし、プロジェクト名称を「イプシロン(E)プロジェクト」とする。

#### 【由来】

日本が独自に開発し、世界最高レベルにまで発展させてきた固体ロケットシステム技術を継承するものとして、これまでと同様に、ギリシャ文字を冠した型式名称としたもの

- ☆Evolution & Excellence ロケットシステムを革新、さらに進化・発展させる
- ☆Exploration 宇宙という未知を開拓し探求し続け、日本ひいては人類の発展に貢献する
- ☆Education Mロケットまでの固体ロケットが日本のロケット技術者の育成に果たした大きな役割を継承する

## 1.3 イプシロンSロケット開発状況

- 2024年度の実証機打上げに向けて、設計・試験等を実施中。
  - ✓ ロケットシステムはシステム設計およびサブシステムの設計・試験を実施中。
    - 6号機打上げ失敗原因となったRCSの是正としてH-IIAタンク活用案と現タンク設計変更案の設計・トレードオフを実施中。また、背後要因に関する対策としてフライト実績品に対する十分な確認等、信頼性向上に向けた取り組みを実施中。
  - ✓ 射場施設設備システムは既存設備を最大限活用しつつ、イプシロンSロケットに対応した設計および改修作業を実施中。
  
- これまでに取り組んできた主な開発試験を以下に示す。
  - ① SRB-3実機大地上燃焼試験(1段TVC機能・性能確認)
  - ② 2段モータ地上燃焼試験 **【今回公開予定】**
  - ③ 3段モータ地上燃焼試験
  - ④ 段間分離機構作動試験
  - ⑤ 第2段機器搭載構造(B2PL)強度剛性試験
  - ⑥ アンテナパターン試験
  - ⑦ アビオニクス エンジニアリングモデル(EM)試験

# イプシロンSロケット開発試験実施状況

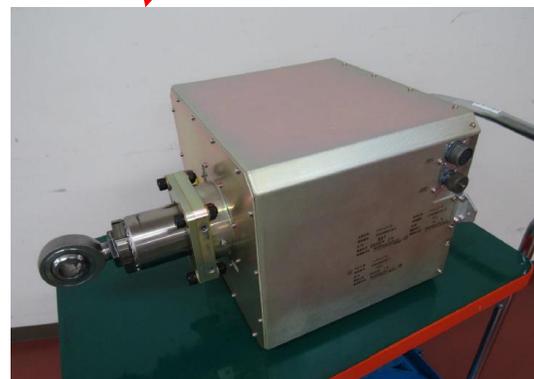


SRB-3実機大地上燃焼試験



1段TVCシステム試験

◆ 1段TVCの機能性能が良好であることを確認



1段アクチュエータ機器

◆ 3段モータの燃焼特性、3段TVCの機能・性能に関するデータを取得 ⇒ 詳細評価中



3段モータ地上燃焼試験

# イプシロンSロケット開発試験実施状況

- ◆ 段間分離機構の作動性を確認
- ◆ 分離衝撃低減効果を確認



1/2段  
分離部



試験セットアップ状況  
(1/2段分離部模擬)

作動前



分離面

作動後



段間分離機構作動試験

◆ 終極荷重に耐荷することを確認



B2PL



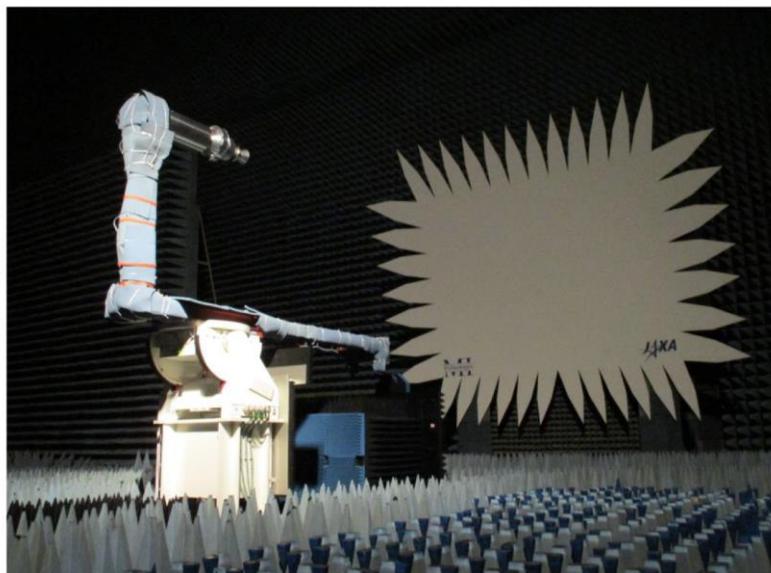
試験用供試体外観



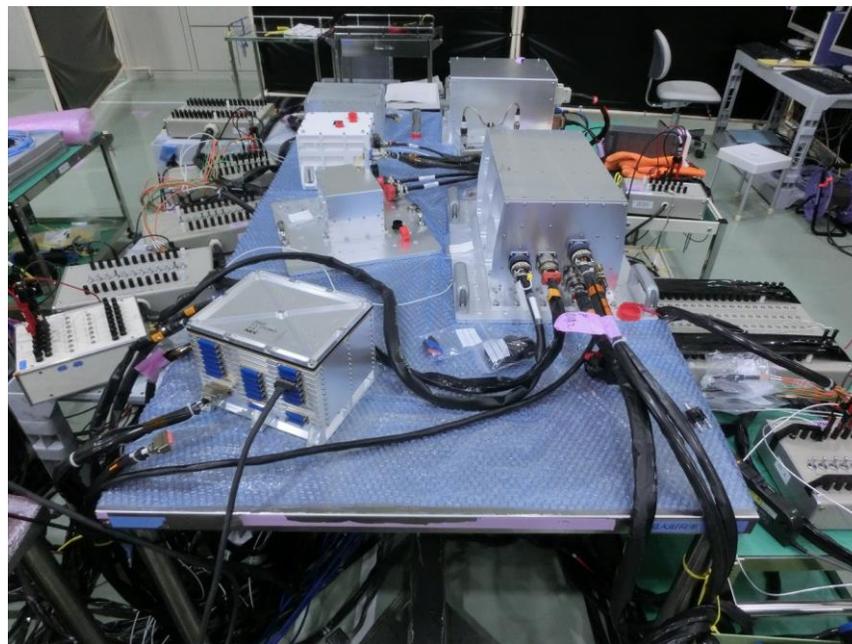
強度剛性試験 荷重負荷状況

第2段機器搭載構造(B2PL)強度剛性試験

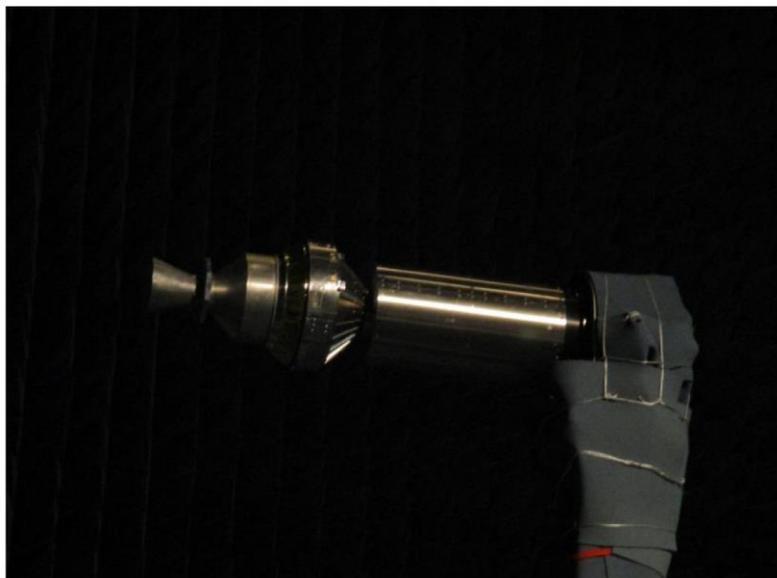
# イプシロンSロケット開発試験実施状況



- ◆ 搭載機器間の通信インタフェースの設計妥当性を確認



アビオニクスEMシステム試験

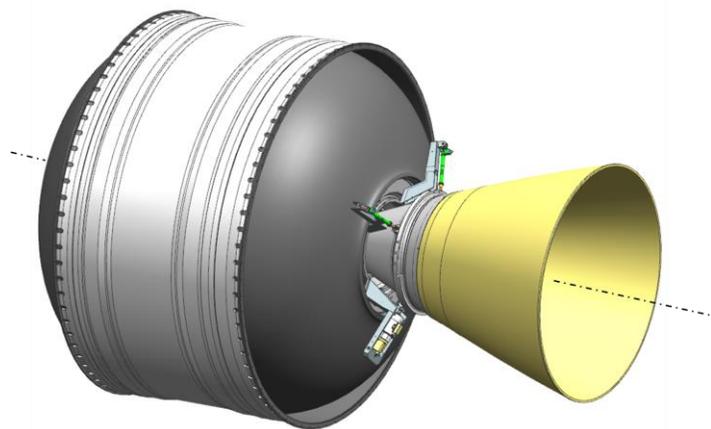


- ◆ アンテナからの電波放射特性に関するデータを良好に取得(設計に反映)

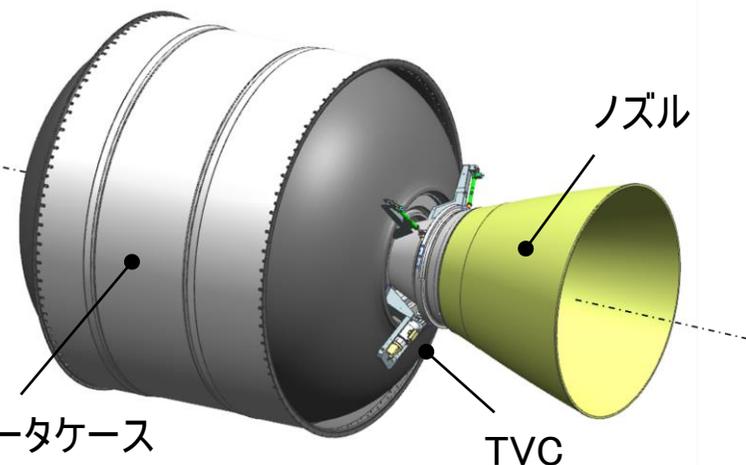
アンテナパターン試験

## 2.1 2段モータについて

- 打上げ能力最適となる推進薬量(強化型2段モータをサイズアップ)
- 強化型2段モータとSRB-3開発成果を活用し、高信頼性・低コスト化を追求



強化型 2段モータ



イプシロンS 2段モータ

項目	強化型2段モータ	イプシロンS 2段モータ
固体推進薬	コンポジット推進薬	コンポジット推進薬
<b>真空中推力</b>	<b>約470 kN</b>	<b>約610 kN</b>
性能 (Isp)	295 s	294.5 s
<b>固体推進薬量</b>	<b>約15 ton</b>	<b>約18 ton</b>
<b>全長</b>	<b>4.0 m</b>	<b>4.3 m</b>
直径	φ 2.5m	φ 2.5m
燃焼時間	130 s	約120 s
ノズル駆動方式	TVC	TVC

TVC: Thrust Vector Control

## 2. 2 地上燃焼試験の目的

以下の技術データを取得し、設計妥当性を確認し、必要に応じて実機設計に反映する。

- ① モータ着火・燃焼・推進特性
- ② モータ・ノズル構造特性、断熱材特性
- ③ TVCシステム性能
- ④ 振動・衝撃等の環境

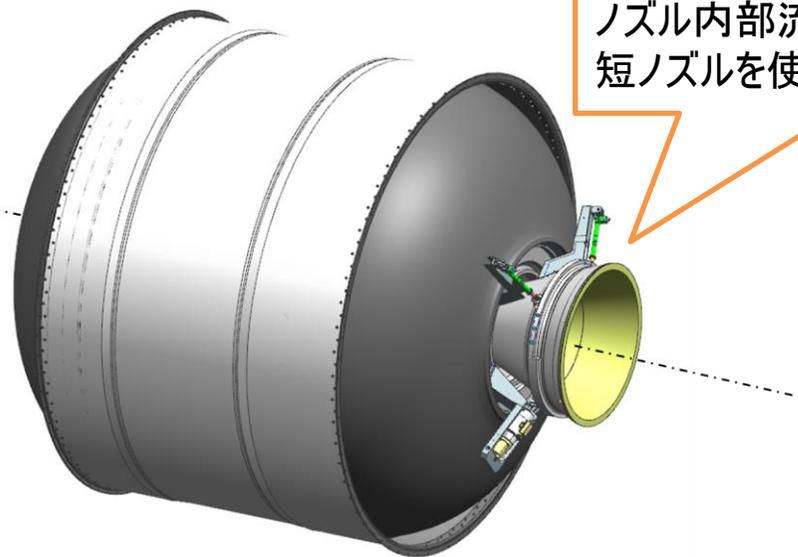


燃焼試験イメージ(写真はE-31地上燃焼試験時)

## 2.3 地上燃焼試験の概要

- 試験場所 : 能代ロケット実験場 真空燃焼試験棟
- 燃焼時間 : 120秒程度
- 供試体 : 短ノズル型
- 計測項目 : 推力、燃焼圧力、各部温度・歪・加速度等の約170点

大気圧下で試験を行うため、  
ノズル内部流れの剥離防止として  
短ノズルを使用

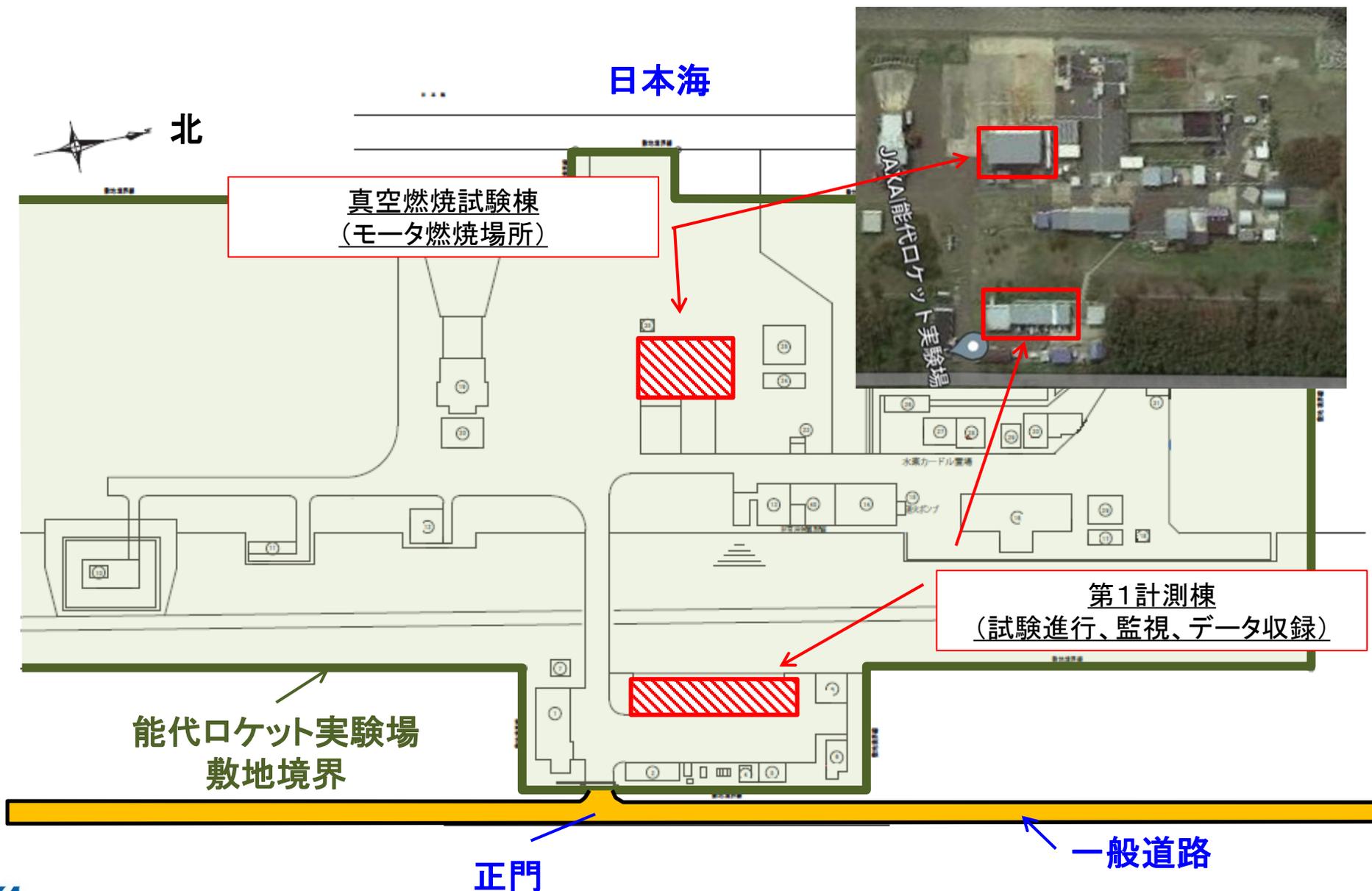


**燃焼試験仕様**

**実機／燃焼試験仕様差異**

項目	実機仕様	燃焼試験仕様
固体推進薬	コンポジット推進薬	コンポジット推進薬
<b>真空中推力</b>	<b>約610 kN</b>	<b>約560 kN</b>
<b>性能 (Isp)</b>	<b>294.5 s</b>	<b>267.3 s</b>
固体推進薬量	約18 ton	約18 ton
<b>全長</b>	<b>4.3 m</b>	<b>3.2 m</b>
直径	φ 2.5m	φ 2.5m
燃焼時間	約120 s	約120 s
ノズル駆動方式	TVC	TVC

## 2.4 地上燃焼試験場の全体図



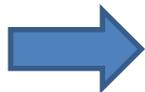
## 2.5 準備作業状況



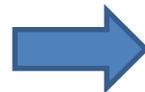
モータ・ノズル搬入



- ・モータ組立（ノズル取付など）
- ・センサの貼り付け、接続



モータスタンドセット状況



- ・モータと設備を組み合わせた最終確認
- ・TVCの機能確認
- ・点火用火工品の取付、結線 等

を実施し、**燃焼試験**実施予定

## 2.6 試験実施条件

### ①試験時(点火時)の天候条件

#### ■ 風向・風速

ノズルから噴出される固形物(アルミナ粒子)が、JAXA敷地外の陸地へ落下することによる第三者への影響を強力避けるように設定。

風向 : 平均風向に西風成分を含まないこと(=近隣民家等が風下にならないこと)

風速 : 屋外作業実施に支障のないこと(目安:10m/s 未満)

#### ■ 雨 : 光学系の収録に支障がないこと(目安: 3mm/h 未満)

### ②試験時刻

11:00予定。天候状況を踏まえ前日までに正式な試験時刻を設定。

作業安全の観点で、日出～日没までに試験準備～後処置を行えるよう時間設定。

## 2.7 タイムスケジュール

X±分	安全系	試験系
X-240頃	周辺散水実施	準備作業開始(屋外カメラ配置等)
X-130		点火系ケーブル接続(セーフ・アーム装置への接続)
X-90		TVC駆動チェック
X-60	試験スタンドから580m内 総員退避開始 (無人化確認開始)	GO/NOGO判断(総員退避開始)
X-30		セーフ・アーム装置 安全ピン外し サイレン吹鳴(15s × 3回)
X-20	総員退避完了	
X-15		GO/NOGO判断(最終)
X-10	道路封鎖(一般車の通り抜け禁止)	セーフ・アーム装置 アームモード(点火モード)に切り替え
X-60秒		シーケンス開始
<b>X-0</b>		<b>点火</b>
X+2		燃焼終了確認 クエンチ(モータ内消火装置)作動
X+10頃	道路封鎖解除(一般車の通り抜け可能)	サイレン吹鳴(15s × 3回)
X+40頃	総員退避解除	