

STCP-2012-016 イプシロンロケットの機体組立・発射整備作業

○小野哲也, 下瀬滋, 峯杉賢治 (宇宙航空研究開発機構)
米令二, 伊藤孝嗣, 山西政雄 ((株) IHI エアロスペース)
平野雅宣, 小原亘彦, 波光功弥 (三菱重工業 (株))

Assembly and Launch Operation of Epsilon Launch Vehicle
Tetsuya Ono , Shigeru Shimose and Kenji Minesugi (JAXA)
Reiji Yone , Takashi Ito and Masao Yamanishi (IHI AeroSpace)
Masanobu Hirano , Nobuhiko Kohara and Katsuya Hako (MHI)

Key Words: Epsilon Launch Vehicle, Uchinoura Space Center, Launch Operation, Mu Rocket Launcher

Abstract

This paper introduces assembly and launch operation plan of Epsilon Launch Vehicle, and also introduces development plan and design progress of key facilities.

1. はじめに

イプシロンロケットの機体組立・発射整備作業の計画概要とそれに使用する主要地上設備の整備計画及びその進捗状況について述べる。

2. 機体組立・発射整備作業

イプシロンの機体組立・発射整備作業の概要を図 2-1 に示す。大きく各段整備と全段整備に分かれる。

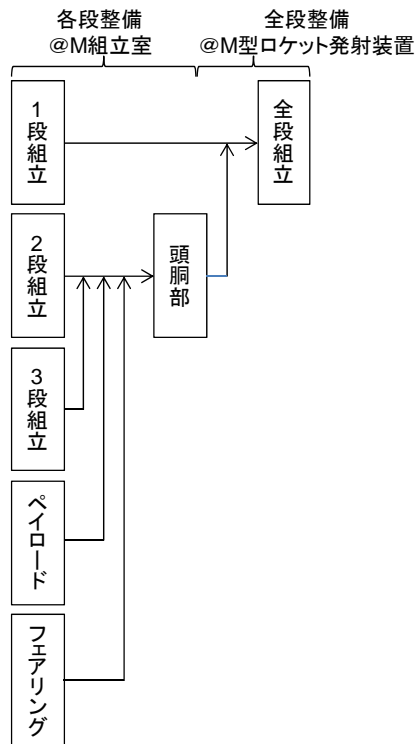


図 2-1 機体組立・発射整備作業

2.1 各段整備

各段整備は主に以下の項目から構成され、M 組立室にて実施する作業である。

(1) 1 段組立

→B1 モータへのノズル組付

(種子島での作業実施も並行検討中)

→B1 モータへの点火モータ (前部着火) 組付

(種子島での作業実施も並行検討中)

→B1 モータへの SMSJ 組付

(2) 2 段組立

→B2 モータへの点火モータ (後部着火) 組付

→B2 モータへのノズル (固定/伸展) 組付

→B2 モータへの RCS 組付

(3) 3 段組立

→B3 モータへの点火モータ (後部着火) 組付

→B3 モータへのノズル組付 (固定/伸展)

→PBS のフライト加圧 (オプション形態)

(4) 2 段組立/3 段組立結合

(5) 各段電気系点検

(6) ロケット/ペイロード結合

(7) フェアリング結合

2.2 全段整備

全段整備は主に以下の項目から構成され、M 型ロケット発射装置にて実施する作業である。

(1) B1 モータ VOS

(2) B1PL VOS

(3) 頭胴部 VOS

- (4) 1 段系アンビリカル結合
- (5) フェアリング系アンビリカル結合
- (6) 全段電気系点検

3. M 組立室改修

各段整備には、既存の M 組立室を改修流用する。M 組立室は組立室、クリーンブース、クリーンブース前室、クリーンルームから成る建物である。

M 組立室の改修内容は大きく建築系、機械系、電気系に分かれる。各系の主な改修内容を 3.1～3.3 項に示す。

建築系は 2012 年 5 月に着工し、同年 9 月に工事完了した。機械系及び電気系は現在設計の最終段階であり、2012 年 11 月に着工し、2013 年 3 月までに工事完了する計画である。

3.1 建築系

(1) 頭胴部移動時の上方干渉除去

イプシロンは M-V に比べ、頭胴部の整備形態が約 1.5m 長いいため、現状のままではクリーンブースで組立てた頭胴部を整備塔に移動する際にクリーンブース及びクリーンブース前室の建物構造物と干渉する。

頭胴部移動時の建物高さを確保するため、クリーンブースのシャッター・ビニールカーテンの嵩上げ及びクリーンブース前室のクレーン・ガーダの撤去を行った。概要を図 3.1-1 に示す。

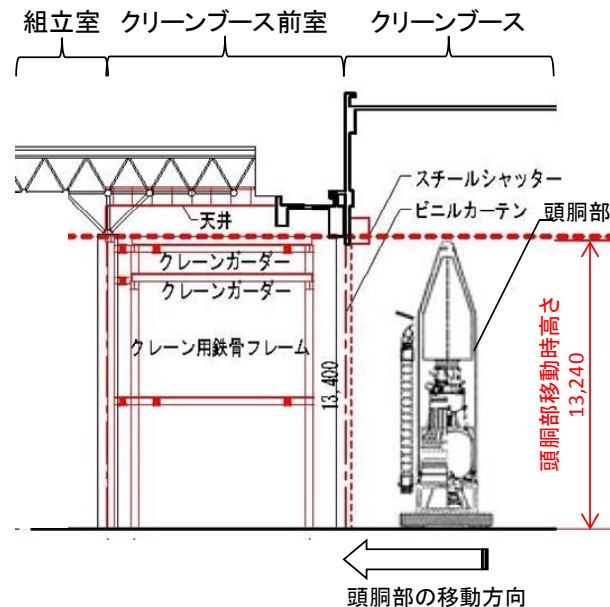


図 3.1-1 M 組立室改修建築系（上方干渉除去）

(2) 耐薬品性塗床施工

ロケット及びペイロードに搭載の液体推進薬（ヒドラジン）が万一液体として漏洩した場合に床下への浸透を防止するため、ヒドラジン液を取扱う可能性のあるクリーンブース及びクリーンブース前室の床を耐薬品性の塗床を施工した。当該塗床は所定の導電性を有しており、作業者の帯電防止（火工品に対する静電放電防止）の機能も兼ねている。

(3) 大扉改修

M 組立室の大扉は老朽化が著しいため、駆動装置の更新をおこなった。

また、屋外から操作可能なクラッチ BOX を整備した。これは万一のヒドラジン漏洩後の非防爆機器電源遮断状態においても手動で大扉を開放し、M 組立室内の換気（環境浄化）を行えるようにするためである。

3.2 機械系

イプシロンと M-V では、クリーンブースにおけるフェアリング結合時のアクセス位置が異なる。M-V では頭胴部移動台車及びゴンドラの 2 つの作業面でアクセスしていたが、イプシロンは 1 段結合リングの高さ分アクセス位置が上がる。そこで、フェアリングの曲分離機構へアクセスするための第 1 足場、及びキャップ部へアクセスするための第 3 足場を新たに整備する。イプシロンのフェアリング結合時のアクセス概要を図 3.2-1 に示す。

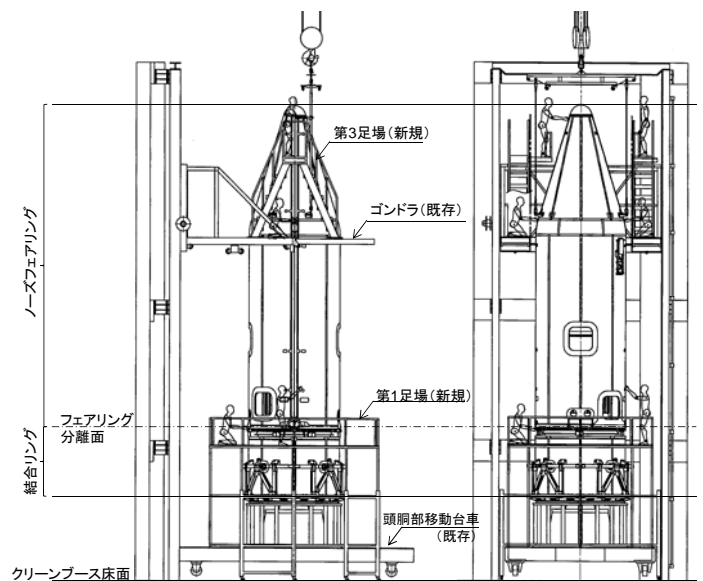


図 3.2-1 フェアリング結合時アクセス

3.3 電気系

ヒドラジンが万一漏洩した際の火災発生を防止するため、電気設備の安全対策を講じる。具体的には、M 組立室の各室を作業の性質（ヒドラジン漏洩の可能性と度合い）により区分し、それに応じて、必要箇所は既存非防爆型機器の防爆型への更新をおこなう。また、非防爆機器についてはヒドラジン漏洩時にガス検知設備と連動しヒドラジンの爆発下限界より十分低い濃度でその電源を一括遮断するシステムを整備する。

4. M 型ロケット発射装置改修

全段整備には、既存の M 型ロケット発射装置を改修流用する。M 型ロケット発射装置は 1982 年に M-3S 型ロケット打上げ用として整備され、1995 年に M-V 型ロケットの打上げ用に改修されたもので、大きく整備塔とランチャに分かれる。

イプシロン対応に改修後の概要図を図 4-1 に示す。

改修後の M 型ロケット発射装置の主な機能と改修概要を 4.1～4.6 項に示す。

M 型ロケット発射装置改修は 2012 年 6 月に詳細設計を終了し、現在は製作フェーズである。同年 11 月に現地工事に着手し、2013 年 5 月に工事完了する計画である。

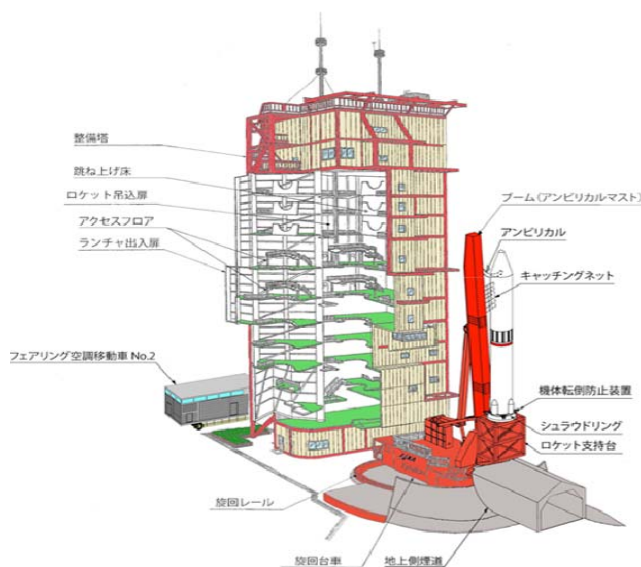


図 4-1 M 型ロケット発射装置(イプシロン対応)

4.1 ロケット組立支援機能

－機能概要－

イプシロンの 1 段及び頭胴部を吊上げてランチャに設置することができ、整備のための作業フロアを有する。

－改修概要－

(1) 天井クレーン 100t 化

M-V の B1 モータは 2 セグメント分割方式での VOS であったが、イプシロンの B1 モータは、一体型 (H-IIA/B の SRB-A) である。これにより、B1 モータの VOS 質量が約 40t から約 90t に増加したため、整備塔の天井クレーンを定格 50t から定格 100t に換装する。

100t 化に際し、従来の 50t クレーンに比べて低速モードの巻上／巻下速度を大幅に小さくしたことにより、ロケット、ペイロードのハンドリング加速度を緩和した。その結果、ハイドラセット (クレーンと吊荷間に配置する油圧式高精度ポジションナ) は不要となり、揚程及び VOS 時のクリアランス確保に寄与した。従来の 50t クレーンとの巻上／巻下速度の比較を表 4.1-1 に示す。

表 4.1-1 整備塔天井クレーン巻上／巻下速度比較

	50t クレーン (従来)	100t クレーン (新規)
低速(mm/sec)	5	0.8
中速(mm/sec)	83	42
高速(mm/sec)	166	79

(2) 作業フロア追加

イプシロンは M-V に比べ、ロケット全長が約 5m 短いため、整備塔とロケットの相対位置及びアクセスするフロアレベルが異なる。

そのため、既存 6,7,8F 床上に新たにアクセスフロアを整備し、各作業に対応する。

4.2 ロケット・ペイロード環境保持機能

－機能概要－

風雨や雷等の天候からロケットを保護すると共にロケットの内部と外部を適切な環境に保つ。

－改修概要－

(1) フェアリング空調移動車(No.2)の流用

イプシロンでは衛星環境向上を目的に、M 組立室から整備塔への頭胴部移動時に頭胴部空調送風を行う。移動中の空調送風を実現するため、空調装置は自走式のフェアリング空調移動車

(No.2)を流用する頭胴部移動時の空調車運用案を図 4.2-1 に示す。

頭胴部 VOS 以降、発射までの間、空調車から頭胴部空調及び 1 段後部筒空調を連続供給することが可能である。頭胴部 VOS 以降の 1 段・頭胴部空調系統を図 4.2-2 に示す。

空調車は基幹ロケットと次期固体ロケット(当時)の共通インフラとして 2009 年 9 月に整備され、現在種子島宇宙センターに保管されている。今回、イプシロンに流用するため、2012 年 12 月に種子島宇宙センターから内之浦宇宙空間観測所へ輸送する計画である。

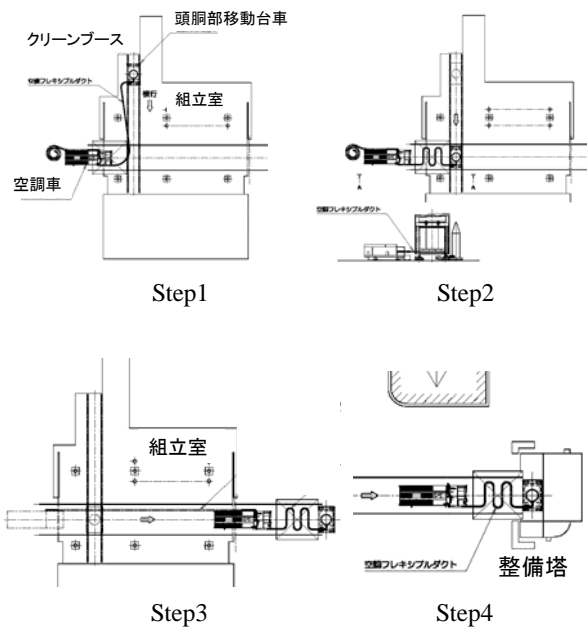


図 4.2-1 頭胴部移動時の空調車運用案

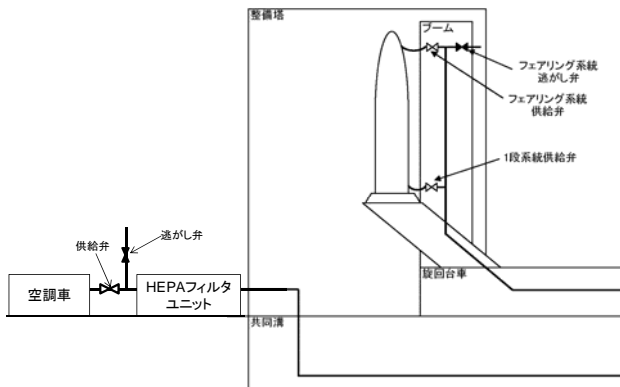


図 4.2-2 1 段・頭胴部空調系統

4.3 ロケット垂直発射機能

－機能概要－

ロケットを垂直に発射する。

－改修概要－

(1) ブーム俯仰機構の改修

イプシロンの垂直発射を実現するため、ランチャブームはランチャ旋回後にロケットと反対側に 5° 退避し、所定のパッドクリアランスを確保する。 5° の退避角は現状のランチャブームでは対応できないため、リンクポイントの変更、角度検出機構の改修及び俯仰シリンダのストローク調整を実施する。

イプシロンと M-V の発射方式の比較を図 4.3-1 に示す。

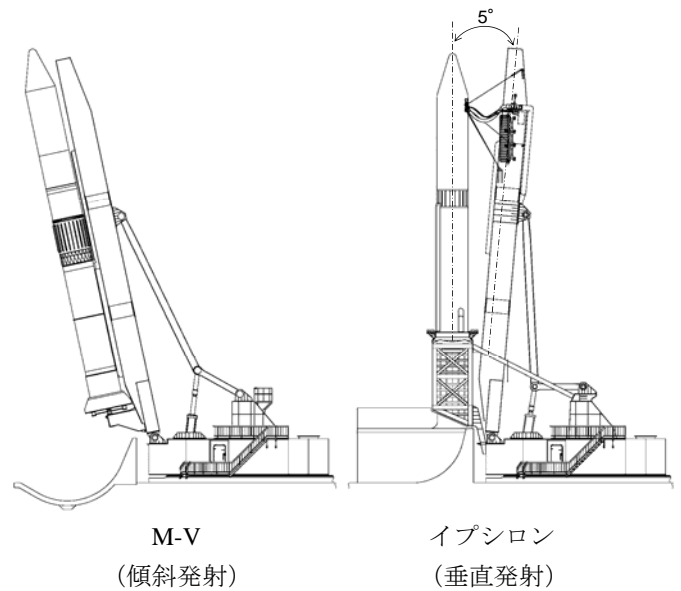


図 4.3-1 発射方式比較

(2) 機体転倒防止装置の整備

垂直発射方式への変更に伴い、ロケット自立期間中の地震に対して、転倒を防止する目的で機体転倒防止装置を整備する。機体転倒防止は 1 段後部筒下端フランジとシュラウドリングを油圧シリンダでクランプ支持する方式である。インタフェースポイントを下端としたことでランチャブーム退避後も継続支持可能である。

機体転倒防止は B1 モータ VOS 直後にロックし、打上げ 5 分前に ECC(Epsilon Control Center) 発射管制室からの遠隔操作によりアンロックする計画である。

4.4 アンビリアル離脱機能

－機能概要－

フライアウェイ方式のアンビリアルシステムとし、対応するアンビリアルマストを有する。

－改修概要－

(1) フライアウェイアンビリアルシステムの整備

アンビリアルシステムは、1 段系アンビリアルとフェアリング系アンビリアルに分かれる。

1 段系アンビリアルは、後部筒下端 2 箇所インタフェースし、ロケット系の電気系及び後部筒空調を接続する。

フェアリング系アンビリアルは、H-IIA/B で実績のあるフライアウェイ方式を採用し、フェアリング側面 1 箇所でインタフェースし、ペイロード系の電気系及び頭胴部空調を接続する。アンビリアルマストはランチャームを活用する。フェアリング系アンビリアルの離脱挙動を図 4.4-1 に示す。

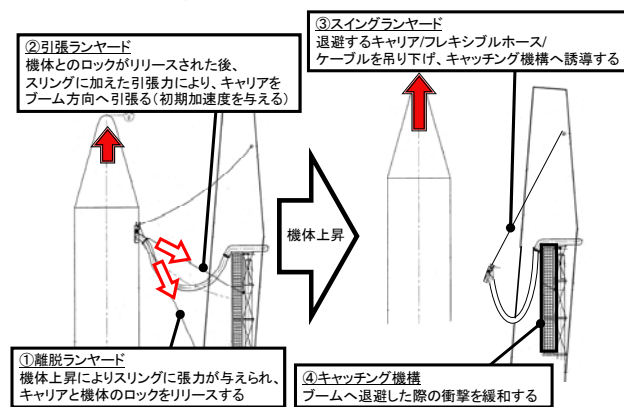


図 4.4-1 フェアリング系アンビリアル離脱挙動

4.5 遠隔操作監視機能

－機能概要－

機体安全化処置と衛星保護に係る機能を ECC 発射管制室から遠隔操作監視する。

－改修概要－

(2) 遠隔操作監視システムの整備

機体安全化処置と衛星保護に係る以下の装置（ランチャ出入扉、ランチャ（旋回／俯仰）、機体転倒防止装置、空調車）を ECC 発射管制室の発射装置遠隔操作監視端末より操作可能なシステムを整備する。遠隔操作監視端末外観と遠隔操作監視画面の概要を図 4.5-1、図 4.5-2 にそれぞれ示す。



図 4.5-1 遠隔操作監視端末外観



図 4.5-2 遠隔操作監視画面

4.6 ロケット燃焼ガスの偏向・排出・音響低減機能

－機能概要－

ロケット燃焼ガスを偏向，排出し，電波リンク，衛星に対して影響を与えないものとする。

－改修概要－

(1) 発射方位角の確定

イプシロンは垂直発射方式であるため、M-V と異なり、ランチャを初期飛行方位角方向に設定して打上げる必要はない。しかし、リフトオフ直後の音響環境を低減する目的で煙道を整備する必要があり、打上げ時の射座位置を煙道上に固定しなければならない。

電波系設備が所定の機能・性能を発揮できる位置として、発射方位角と煙道出口方位角を $N+110^\circ$ に確定した。発射位置を図 4.6-1 に示す。

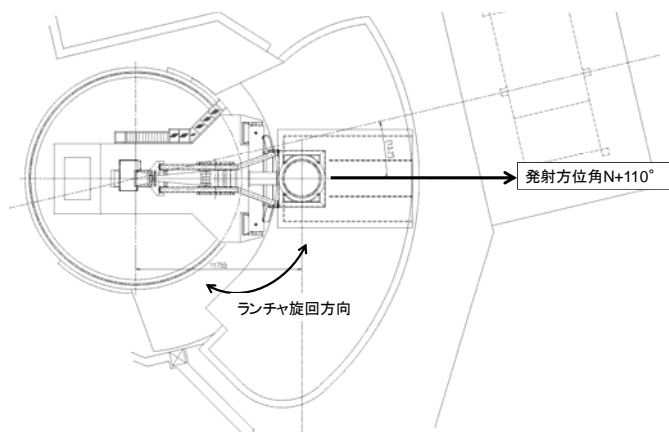


図 4.6-1 発射位置

(2) 煙道の整備

打上げ時の音響環境低減を目的に煙道を整備する。煙道はランチャ側煙道と地上側煙道に分かれる。

ランチャ側煙道はロケット支持台フレームに取付けられ、ランチャと一体となって旋回し、地上側煙道は M 台地のロケット発射位置に固定される。

ランチャ側煙道と地上側煙道は発射位置にて重なり合い、一体の煙道形状を形成する。

煙道を図 4.6-2 に示す。

煙道設計にあたっては、2011 年 4 月から 2012 年 4 月の間、3 シリーズ分けて、小型固体モータを用いた模擬射点音響環境計測試験を能代ロケット実験場にて実施した。

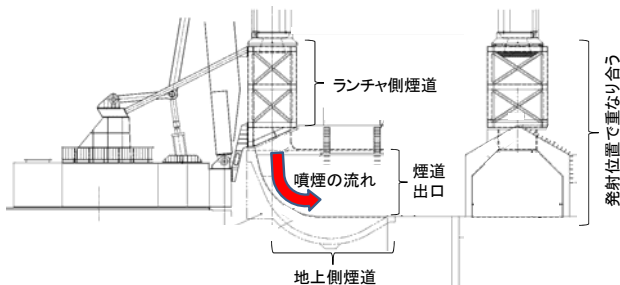


図 4.6-2 煙道形状

5. おわりに

前述のとおり、イプシロンは既存設備最大活用をポリシーの 1 つとしており、現在、維持設計・製作・現地工事の段階にある。

ロケット側・設備側のインタフェース調整の対象も今後はより詳細の運用計画にシフトする計画である。

参考文献

- 1) 下瀬，峯杉：M ロケット発射装置，宇宙航空研究開発機構特別資料 M-V 型ロケット（5 号機から 8 号機まで），2008 年