

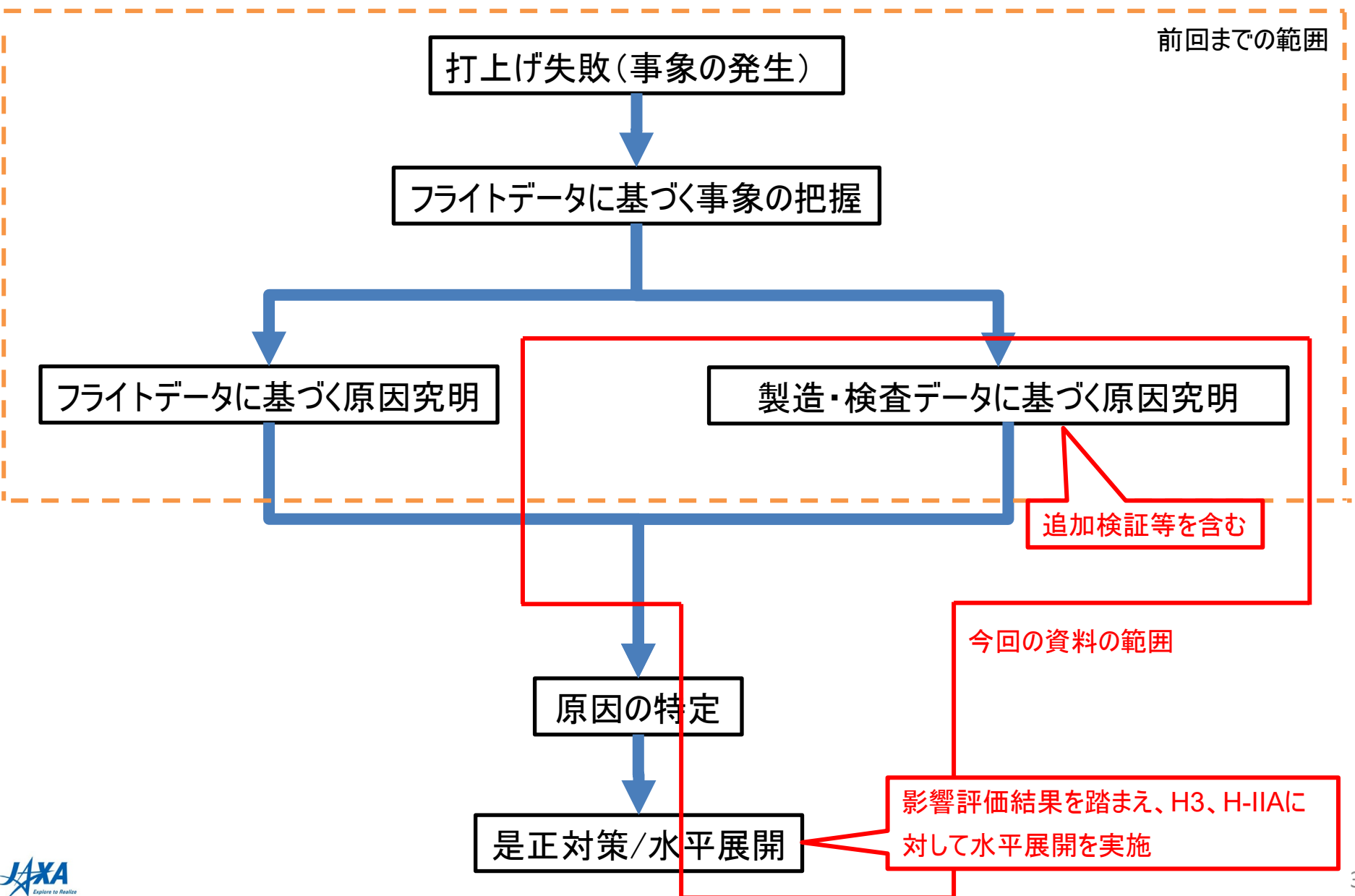
# イプシロンロケット6号機 打上げ失敗原因調査状況

令和4(2022)年11月11日  
宇宙航空研究開発機構

宇宙輸送技術部門 事業推進部 部長 佐藤 寿晃  
イプシロンロケットプロジェクトチーム プロジェクトマネージャ 井元 隆行

- 0. 本日の報告内容
  - 1. イプシロンロケット6号機打上げ概要
    - 1-1. 打上げ結果(再掲)
    - 1-2. 機体諸元(再掲)
    - 1-3. 姿勢制御概要(再掲)
    - 1-4. 前回までの発生事象の整理
  - 2. 原因究明状況
    - 2-1. パイロ弁の開動作不良
    - 2-2. 推進薬供給配管の閉塞
  - 3. 水平展開
    - 3-1. H3・H-IIAロケットの水平展開
    - 3-2. H3ロケットの評価概要
    - 3-3. H-IIAロケットの評価概要
  - 4. 今後の進め方

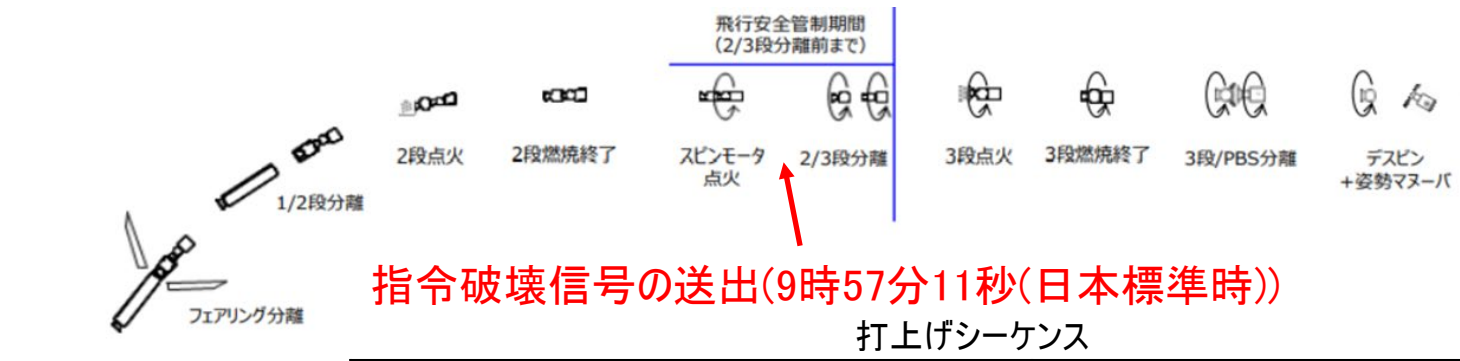
# 0. 本日の報告内容



# 1. イプシロンロケット6号機概要

## 1-1. 打上げ結果(再掲)

- 2022年10月12日9時50分43秒(日本標準時)に、イプシロンロケット6号機打上げ。
- 2/3段分離可否判断の時点で目標姿勢からずれ、地球を周回する軌道に投入できないと判断し、9時57分11秒にロケットに指令破壊信号を送出し、打上げに失敗。
- 現在、山川理事長を長とする対策本部を設置し、原因究明を進めている。



事象	打上後経過時間				計画値 経過秒
	時	分	秒	経過秒	
(1) リフトオフ	00	00	0	0	0
(2) 第1段 燃焼終了	01	49	109	108	108
(3) 衛星フェアリング分離	02	31	151	151	151
(4) 第1段・第2段分離	02	41	161	161	161
(5) 第2段 燃焼開始	02	45	165	165	165
(6) 第2段 燃焼終了	04	53	293	294	294
(7) スピンモータ燃焼開始	06	09	369	370	370
(8) スピンモータ燃焼終了	06	14	374	375	375
(9) 指令破壊	06	28	388		

打上げ時刻  
(9時50分43秒(日本標準時))

経過秒は小数点第1位を四捨五入

# 1. イプシロンロケット6号機概要

## 1-2. 機体諸元(再掲)

- 6号機はオプション形態(小型液体推進系(PBS)付)。複数衛星搭載に対応。



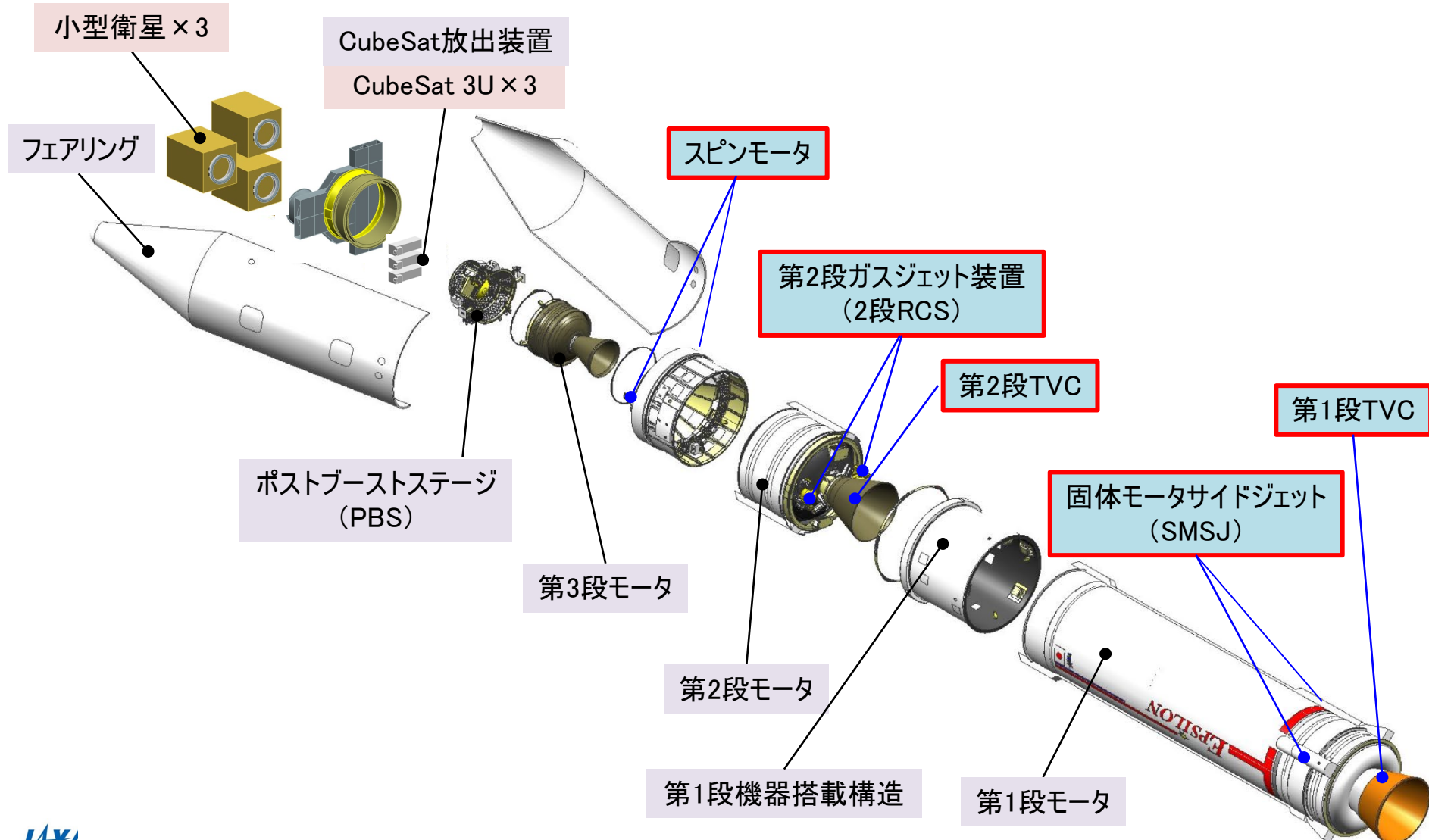
項目		機体諸元
全長		26m
直径		最大径:φ2.6
全備質量		96ton
段構成		固体3段式 + PBS
衛星分離		小型実証衛星3号機: Lightband*1、受託衛星: Lightband*2、キューブサット: E-SSOD*3
衛星搭載		複数衛星搭載構造Ⅲ型(IA新規開発)
フェアリング		投棄部: 9187mm、非投棄部: 450mm
PBS	推進薬タンク	φ650 x1基(1液ヒドラジン)
	姿勢制御	PBSスラスタ(3軸)
第3段	モータ	KM-V2c (ノズル非伸展)
	推進薬	ポリブタジエン系コンポジット
	姿勢制御	スピン安定
第2段	モータ	M-35 (φ2.6m) (ノズル非伸展)
	推進薬	ポリブタジエン系コンポジット
	姿勢制御	TVC+RCS
第1段	モータ	SRB-A
	推進薬	ポリブタジエン系コンポジット
	姿勢制御	TVC + SMSJ

\*1) Planetary Systems Corporation社製Lightband® 18.25 inchタイプ、\*2) Planetary Systems Corporation社製Lightband® 15 inchタイプ、\*3) キューブサット放出装置(E-SSOD:Epsilon Small Satellite Orbital Deployer)、

# 1. イプシロンロケット6号機概要

## 1-3. 姿勢制御概要(再掲)

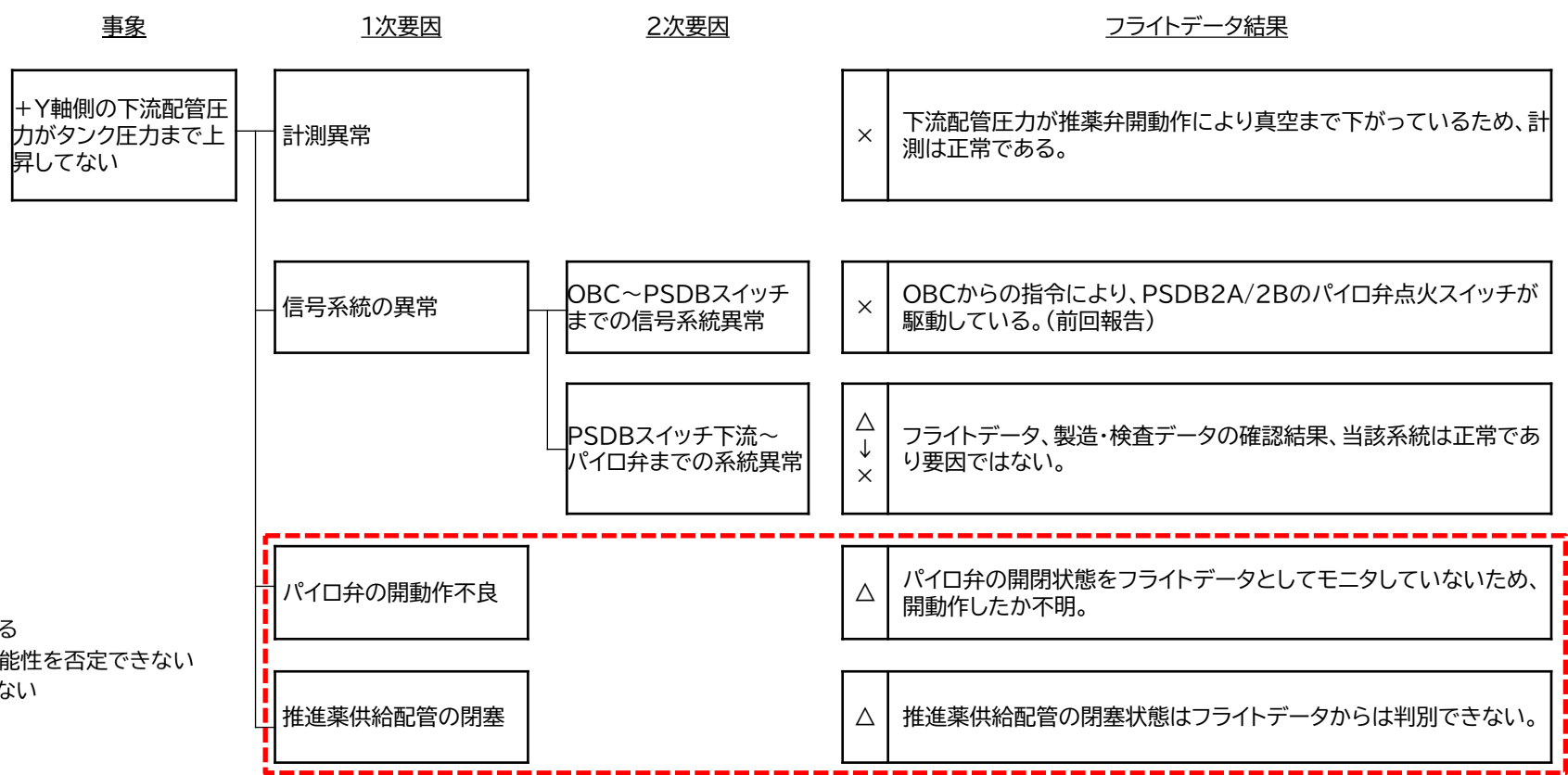
イプシロンロケットの1段および2段に搭載されている姿勢制御装置を以下の図の赤枠に示す。



# 1. イプシロンロケット6号機概要

## 1-4. 前回までの発生事象の整理

- 1段モータ燃焼中のTVC制御およびSMSJによる姿勢制御は正常に行われ、2段モータ燃焼中のTVC制御も正常。その後RCSによる制御のみになった際に3軸全ての姿勢角誤差がRCS制御終了まで拡大し続けた(2段燃焼終了後姿勢異常)。
- 2系統のRCSのうち1系統(+Y軸側)のパイロ弁の下流配管圧力の値が、パイロ弁に点火信号を送出した後にタンク圧力まで上昇しなかった。結果、RCSとして機能しなかった。
- 以下のFTA(Fault Tree Analysis)に示す原因の可能性が否定できなかった3つの推定要因のうち、「PSDBスイッチ下流～パイロ弁までの系統異常」は要因ではないと識別した。

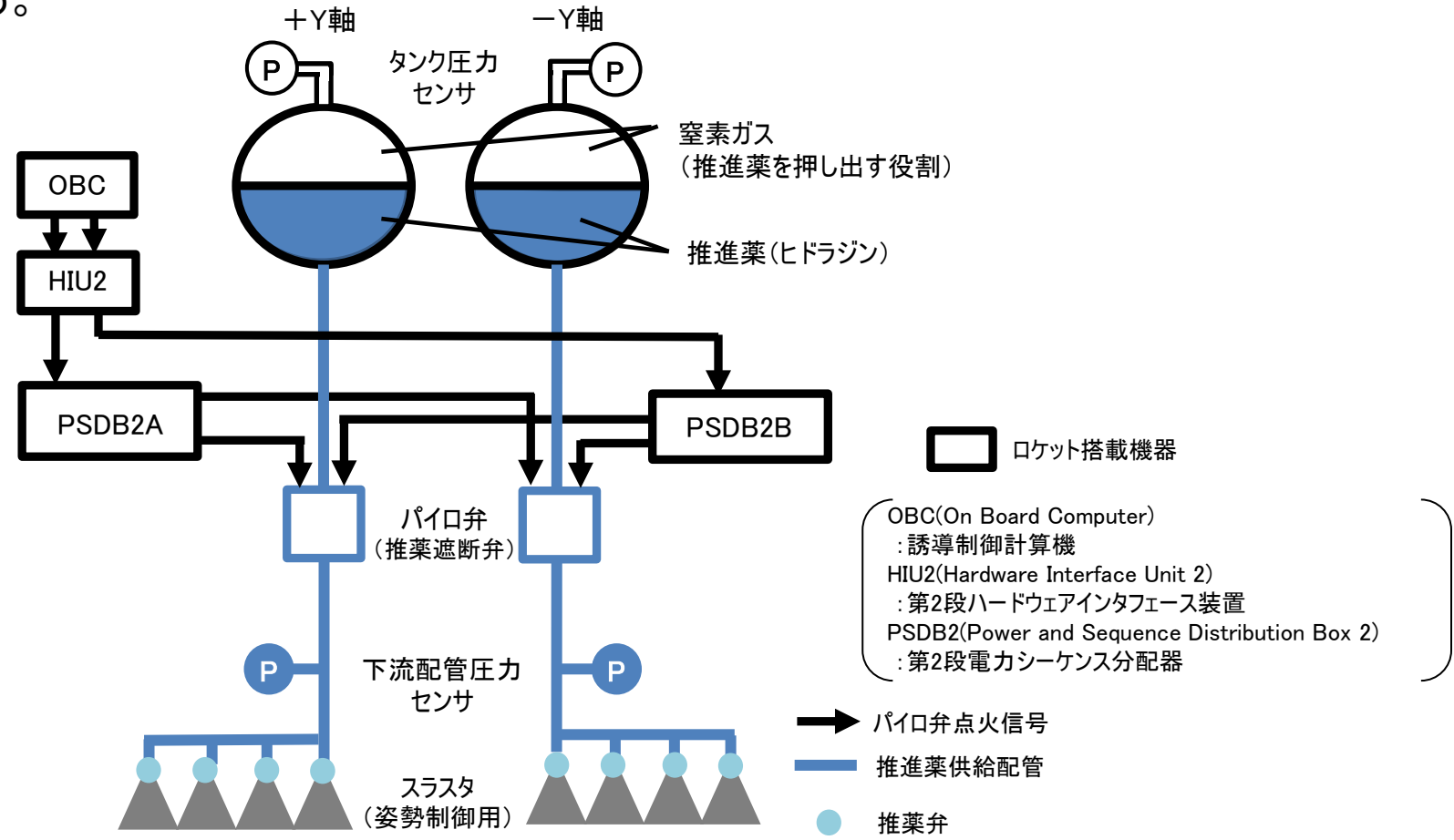


(凡例)  
 ○:原因である  
 △:原因の可能性を否定できない  
 ×:原因ではない

# 1. イプシロンロケット6号機概要

## 1-4. (a) 2段RCS概要(再掲)

- 射場では安全のために推進薬をパイロ弁(推進遮断弁)で遮断しており、飛行中に誘導制御計算機(OBC)からの信号(点火信号系統は冗長構成)でパイロ弁を開にしてスラスト直近まで推進薬を送る。
- 誘導制御計算機からの信号により推進弁を開閉させ、触媒反応による燃焼により推力を発生させる。

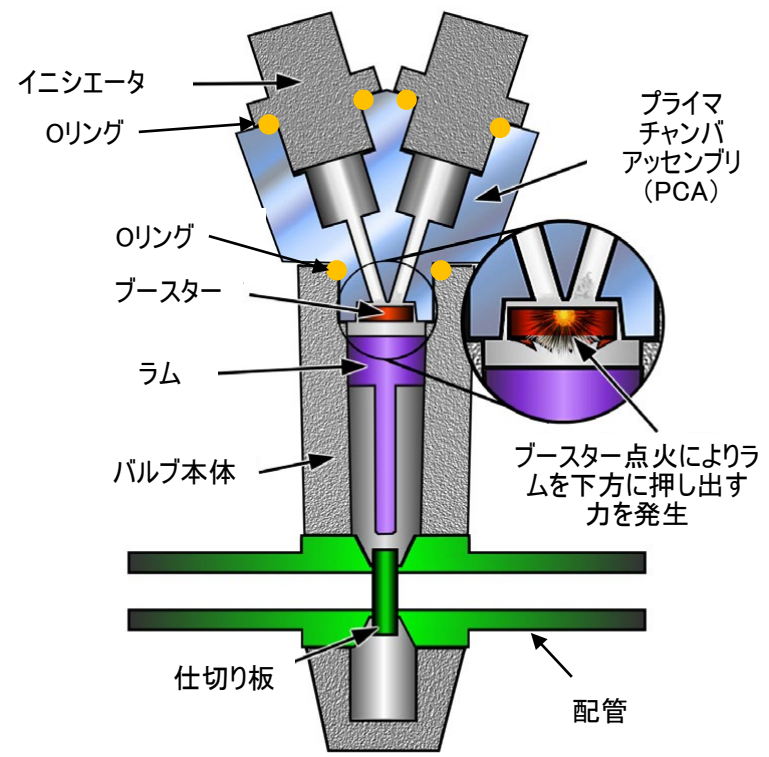




# 1. イプシロンロケット6号機概要

## 1-4. (b) パイロ弁の概要(再掲)

- パイロ弁は、飛行前は推進薬を遮断し、飛行中に火工品(イニシエータ、ブースター)の点火により流路を開通させるバルブ。
- イニシエータは冗長構成であり、2つのうち1つが正常に点火すればブースターが点火し、以下の動作原理により流路は開通する。



### 【動作原理】

- ① イニシエータに点火
- ② ブースターに点火
- ③ ラムを下方へ押し出す
- ④ 配管の仕切り板をラムが打ちぬく
- ⑤ 流路が開通する

パイロ弁の構成・動作イメージ図

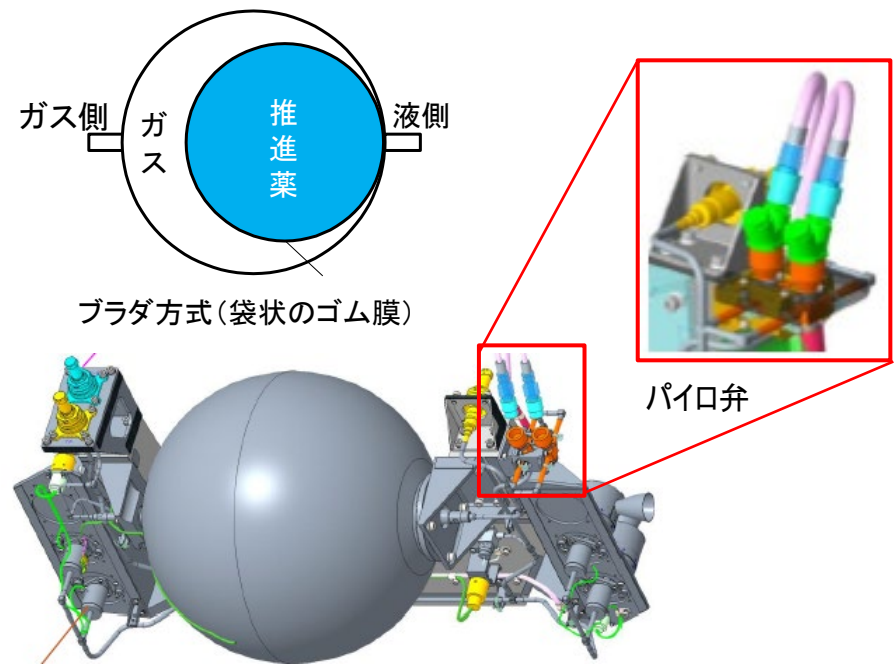
『NASA Engineering and Safety Center Technical Bulletin No. 10-02』より抜粋

# 1. イプシロンロケット6号機概要

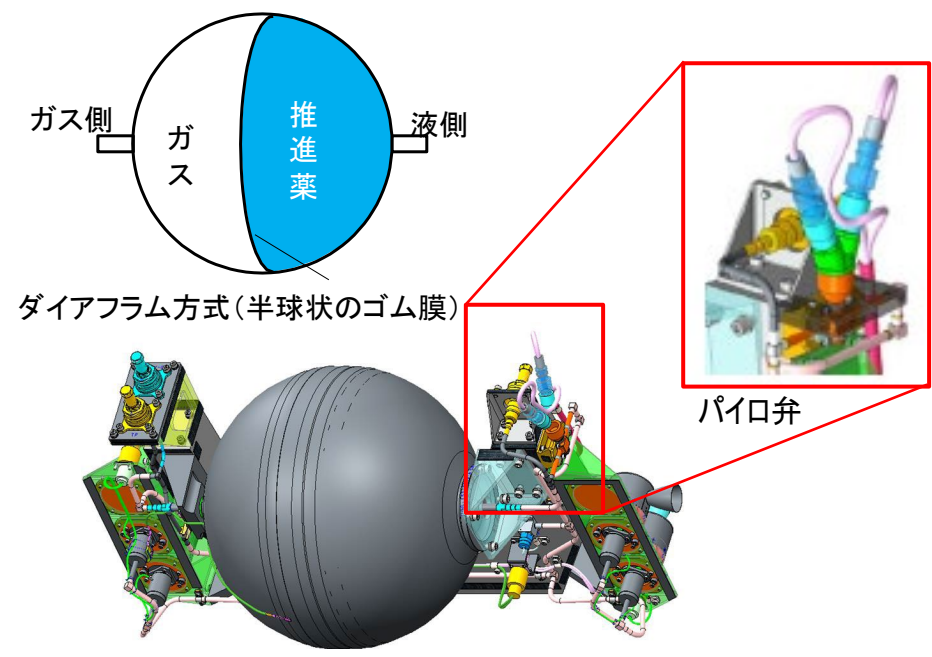
## 1-4. (c) 2段RCS開発経緯(再掲)

■ イプシロンの2段RCSの試験機と強化型(2号機～6号機)の仕様を下表に示す。

項目	試験機	強化型(2号機～6号機)
システム	スラスタ4基・タンクのモジュールを180° 対向2式	試験機から変更なし
推進タンク	Φ362mm <b>ブラダ式</b> タンク×2式 ※ 推進薬充填・加圧@工場	Φ362mm <b>ダイアフラム式</b> タンク×2式 ※ 推進薬充填・加圧@工場
パイロ弁	<b>4基</b> (2基(イニシエータ1式)×2式)	<b>2基</b> (1基(イニシエータ2式)×2式)
スラスタ	8基(4基×2式)	試験機から変更なし



試験機



強化型(2号機～6号機)

## 2. 原因究明状況

- 前回報告時点で可能性が否定できない2つの推定要因に対して、絞込みを行うために以下に示す製造・検査データの確認および追加検証を行い、詳細な要因分析を進めている。
  - パイロ弁の開動作不良(2-1項)
  - 推進薬供給配管の閉塞(2-2項)

### 【確認している製造・検査データ】

- ・ 図面
- ・ 製品仕様
- ・ 製造工程
- ・ 製造記録
- ・ 検査記録
- ・ 試験データ
- ・ 写真記録
- ・ 作業員、検査員ヒアリング
- ・ 不具合情報
- 等

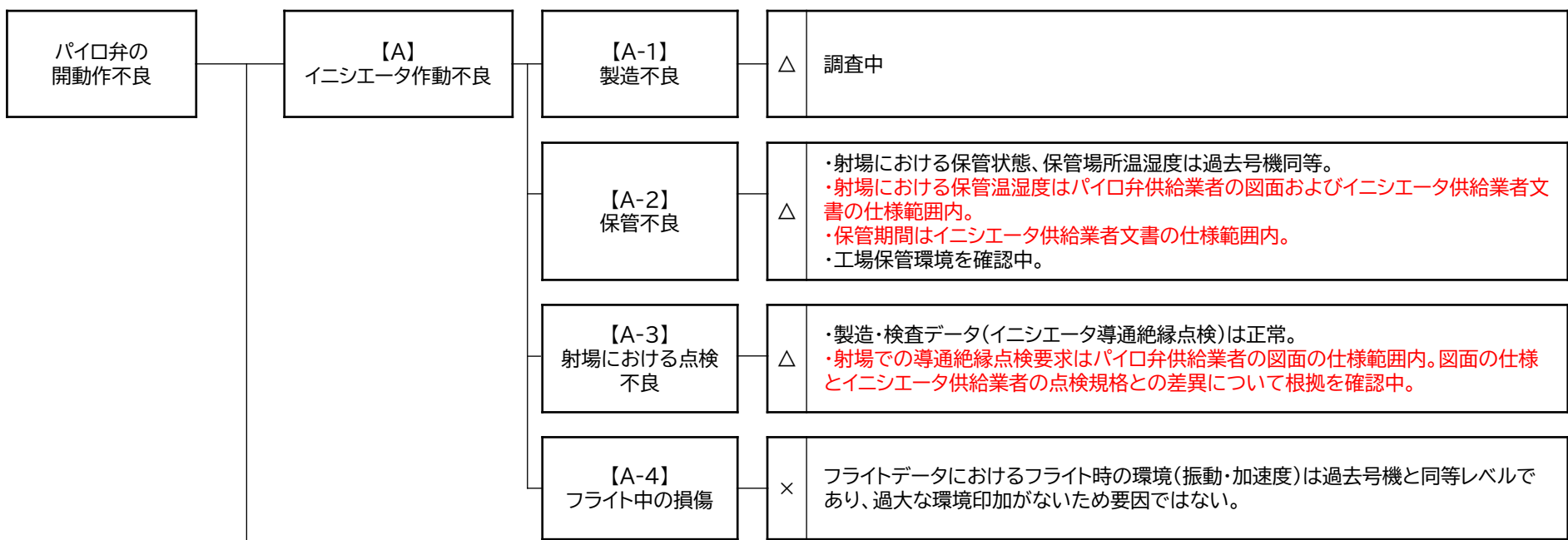
## 2. 原因究明状況

### 2-1. パイロ弁の開動作不良

#### (a) FTA(1/2)

「パイロ弁の開動作不良」について、詳細FTAを展開して製造・検査データ、供給業者への追加確認に基づき絞り込みを実施中。

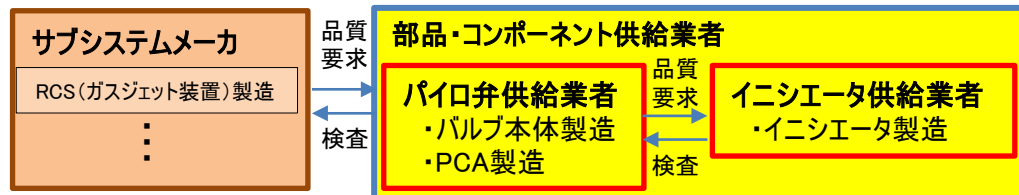
評価結果



①

(参考) -Y軸側イニシエータ2式のうち1式は射場点検要求に適合しない事象が発生したため、別ロット品に交換。

#### (参考) 品質保証体制におけるパイロ弁・イニシエータ供給業者の位置づけ



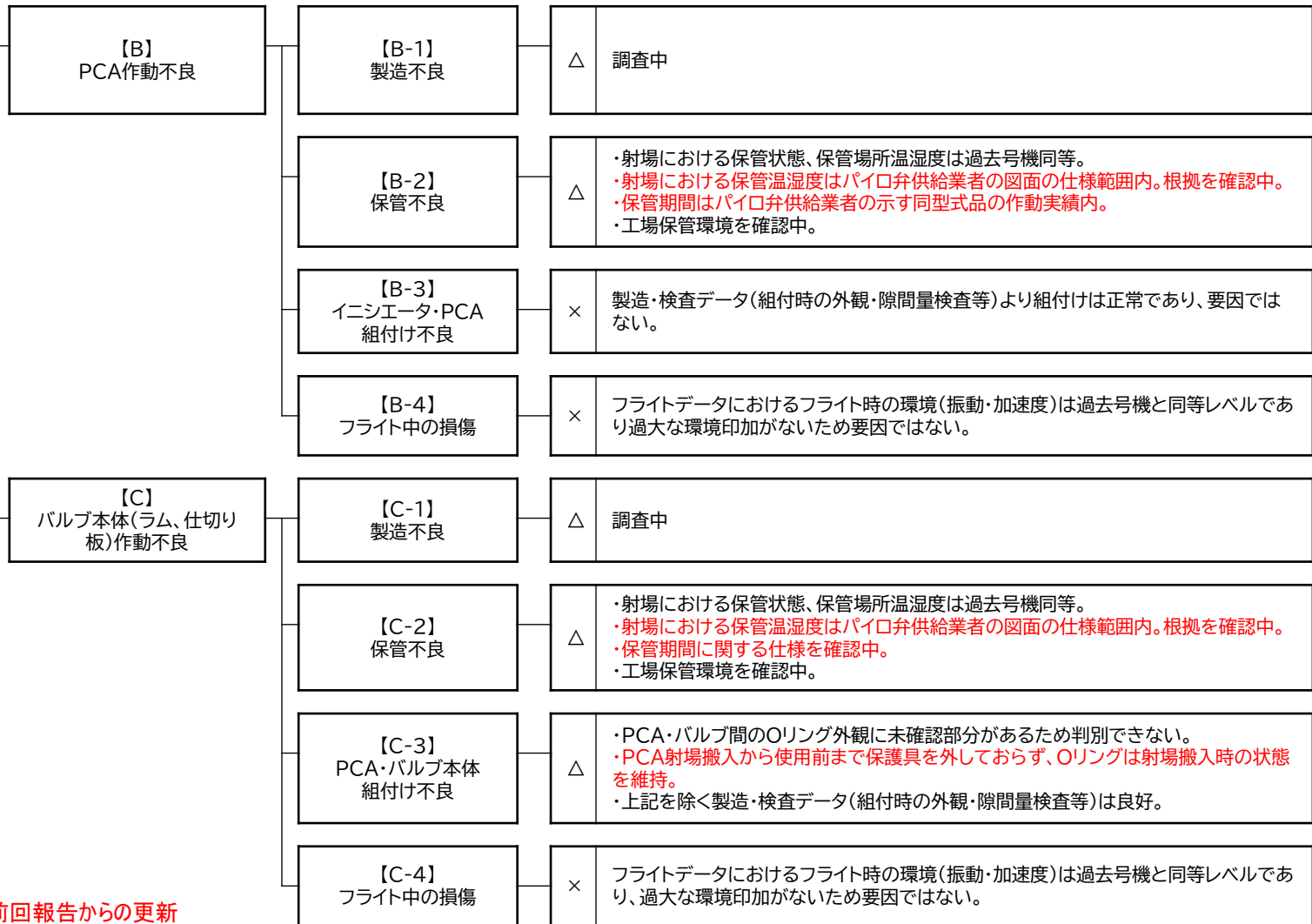
(凡例) 赤字: 前回報告からの更新  
○: 原因である  
△: 原因の可能性を否定できない  
×: 原因ではない

## 2. 原因究明状況

### 2-1. パイロ弁の開動作不良

#### (a) FTA(2/2)

①



(凡例)

赤字: 前回報告からの更新

○: 原因である

△: 原因の可能性を否定できない

×: 原因ではない

## 2. 原因究明状況

### 2-2. 推進薬供給配管の閉塞

#### (a) FTA(再掲)

「推進薬供給配管の閉塞」について、詳細FTAを展開して製造・検査データとフライトデータに基づき絞り込みを実施中。

評価結果

推進薬供給配管の閉塞	【A】 タンク出口ポートの閉塞	【A-1】 タンク内の異物混入	× 製造・検査データ(タンク内部構造、清浄度検査)の確認結果により、要因ではない。
		【A-2】 ダイヤフラムによる閉塞	△ダイヤフラムの変形による閉塞の有無を確認中。
	【B】 配管の閉塞	【B-1】 配管内の製造不良(形状異常)	× 製造・検査データ(溶接部のX線検査等)の確認結果により、要因ではない。
		【B-2】 配管内の異物混入	× 製造・検査データ(清浄度検査)の確認結果により、要因ではない。
		【B-3】 配管の発錆	× 配管はSUSであり、閉塞に至るような錆の成長の可能性はない。
		【B-4】 配管の水結・推進薬の凍結	× 外気温度(最低温度14℃)、建屋温度(最低温度17℃)、フライトデータ中の温度データから、氷結・凍結の可能性はない。
		【B-5】 配管の変形	× 以下の確認結果より、要因ではない。 ・製造・検査データ(輸送中の加速度等)は良好。 ・フライトデータにおけるフライト時の環境(振動・加速度)は過去号機と同等レベルであり、過大な環境印加がない。
	【C】 パイロ弁内の推進薬配管の閉塞	△パイロ弁の製造記録を確認中。	



(凡例)  
 ○: 原因である  
 △: 原因の可能性を否定できない  
 ×: 原因ではない

## 2. 原因究明状況

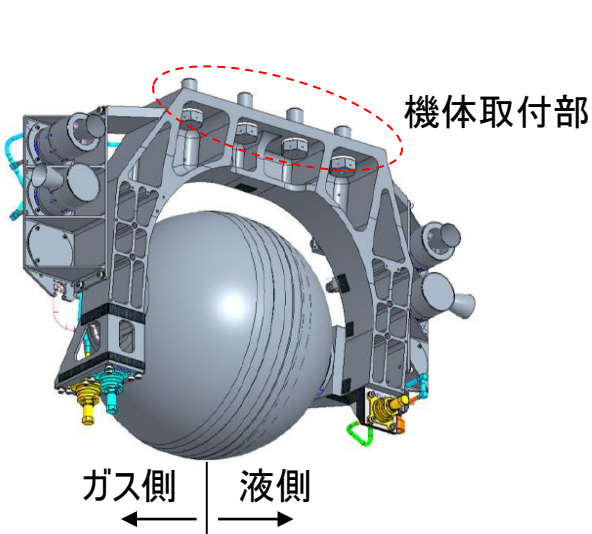
### 2-2. 推進薬供給配管の閉塞

#### (a) FTA

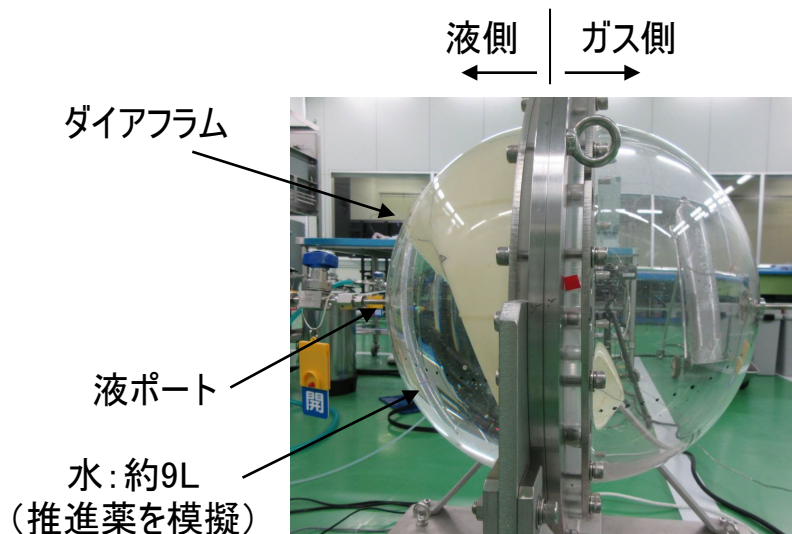
「【A-2】ダイアフラムによる閉塞」について、詳細FTAを展開して製造・検査データ、フライトデータおよび追加検証等に基づき調査中。

評価結果

【A-2】 ダイアフラムによる閉塞	【A-2-1】 ダイアフラムが正常	△ 推進薬タンク容量24Lに対して推進薬量約9Lの充填状態において、ダイアフラムがフライト中の加速度等により変形し、推進薬タンクの液ポートに近接して閉塞させる可能性があるか調査中。
	【A-2-2】 ダイアフラムが異常	△ ダイアフラムの脱落または液側からガス側への推進薬漏洩により、ダイアフラムが推進薬タンクの液ポートに変形・近接して閉塞させる可能性があるか調査中。ダイアフラムに関連する製造・検査データを調査中。



ロケット外側から見た図



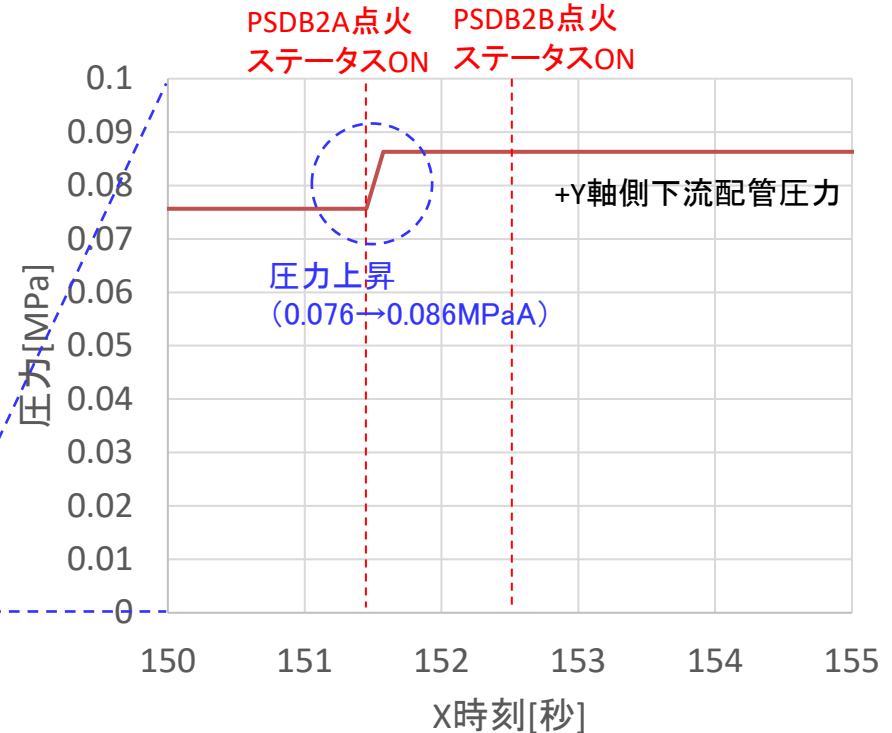
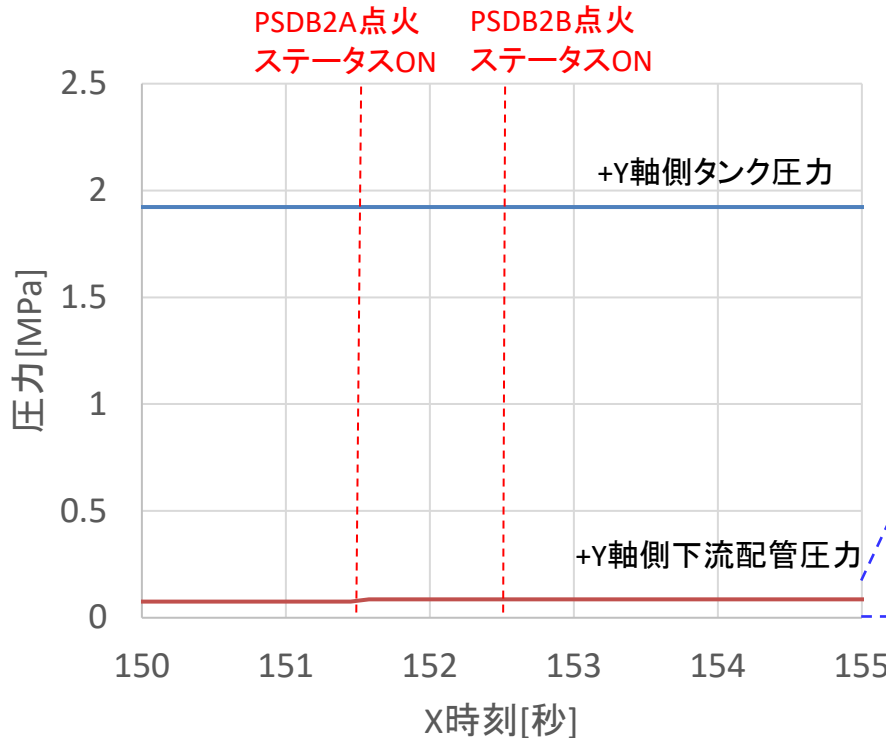
アクリルタンク(1G環境)

## 2. 原因究明状況

### 2-2. 推進薬供給配管の閉塞

#### (b) フライトデータによる評価

- フライトデータではパイロ弁点火信号送出時に+Y軸側の下流配管圧力が1分解能分上昇している。
- 上記が実事象の場合かつダイアフラムが液ポートに近接していた場合、パイロ弁開動作時にダイアフラムが液ポートに引き込まれて閉塞するとともに推進薬がわずかにパイロ弁下流に流れ込むことにより、フライトデータと整合する可能性がある※。



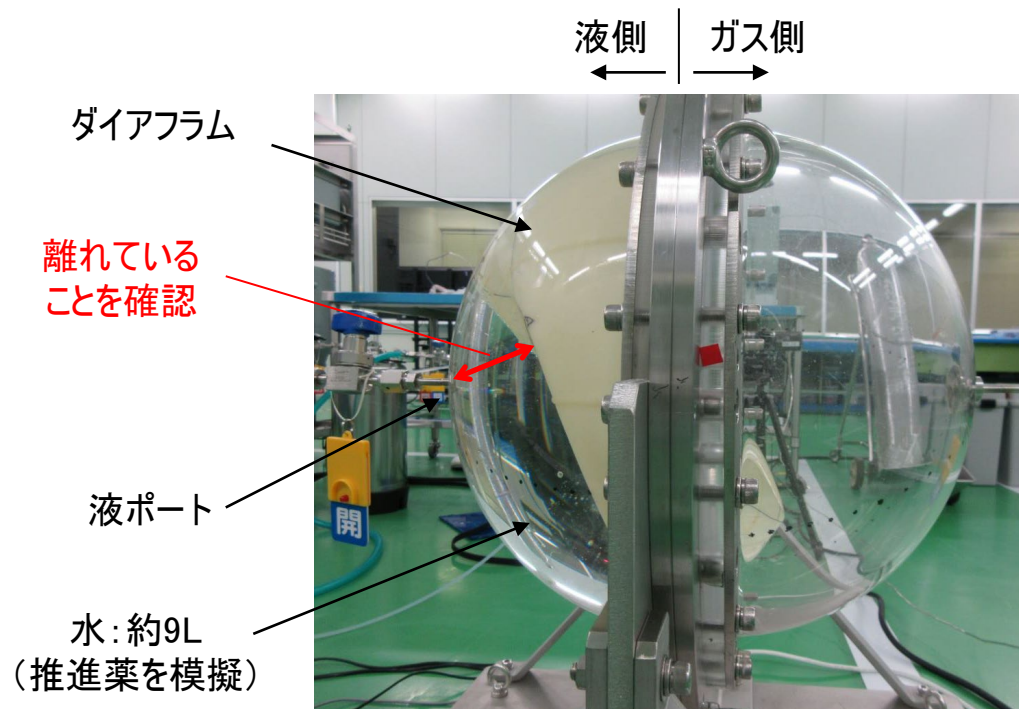


## 2. 原因究明状況

### 2-2. 推進薬供給配管の閉塞

#### (c) ダイアフラム正常ケース【A-2-1】

- 【A-2-1】「ダイアフラムが正常」について、推進薬搭載時のダイアフラム形状を確認するための試験を実施した結果、1G環境下ではダイアフラムが液ポートから離れていることを確認した。
- フライト中の加速度等により、ダイアフラムが液ポートに近接する可能性があるか調査中。

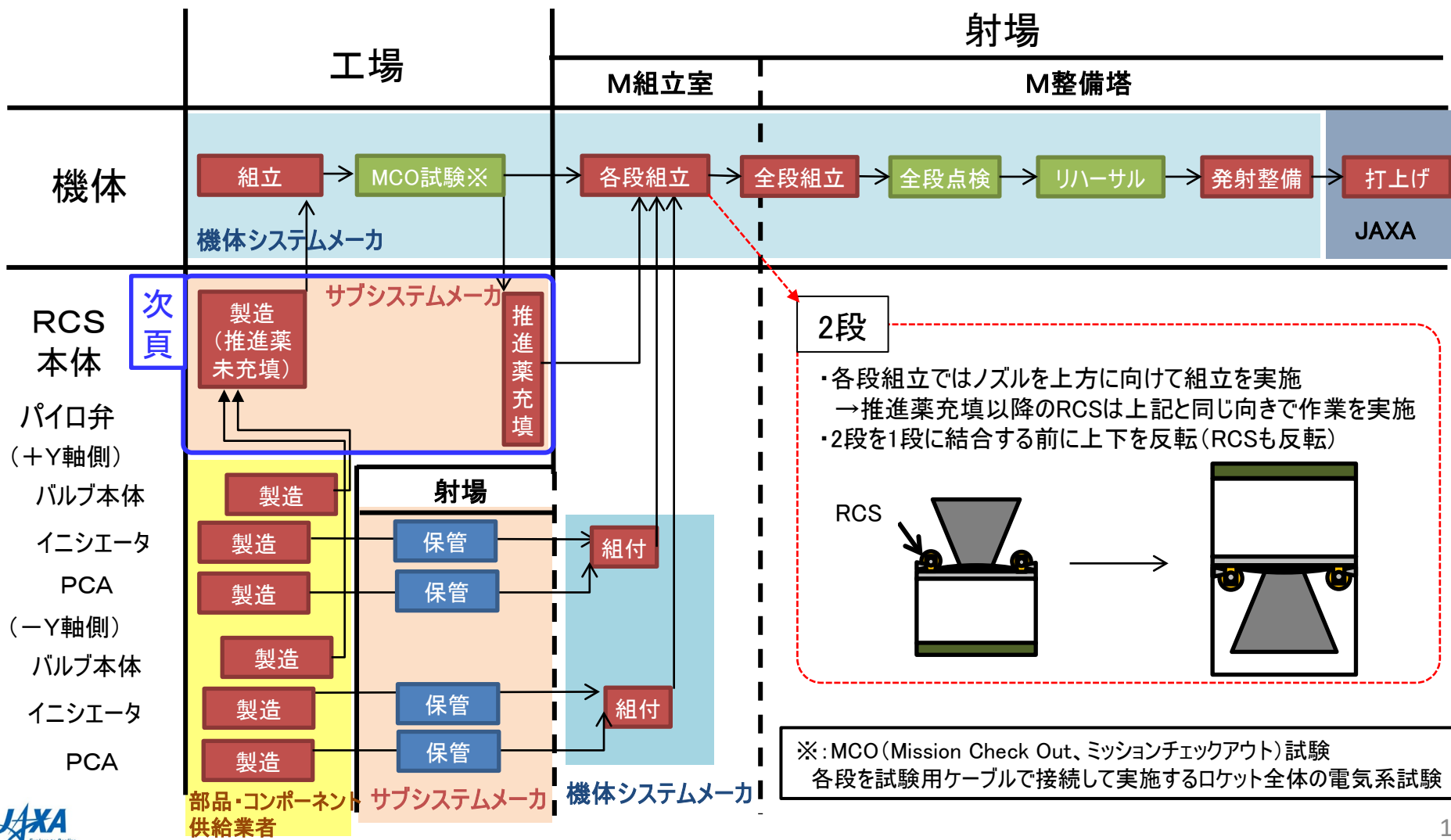


アクリルタンク(1G環境)

## 2. 原因究明状況

### 2-2. 推進薬供給配管の閉塞 (d)ダイアフラム異常ケース【A-2-2】

■ イプシロンロケット6号機で計画していた製造・組立プロセスのフロー図を以下に示す。

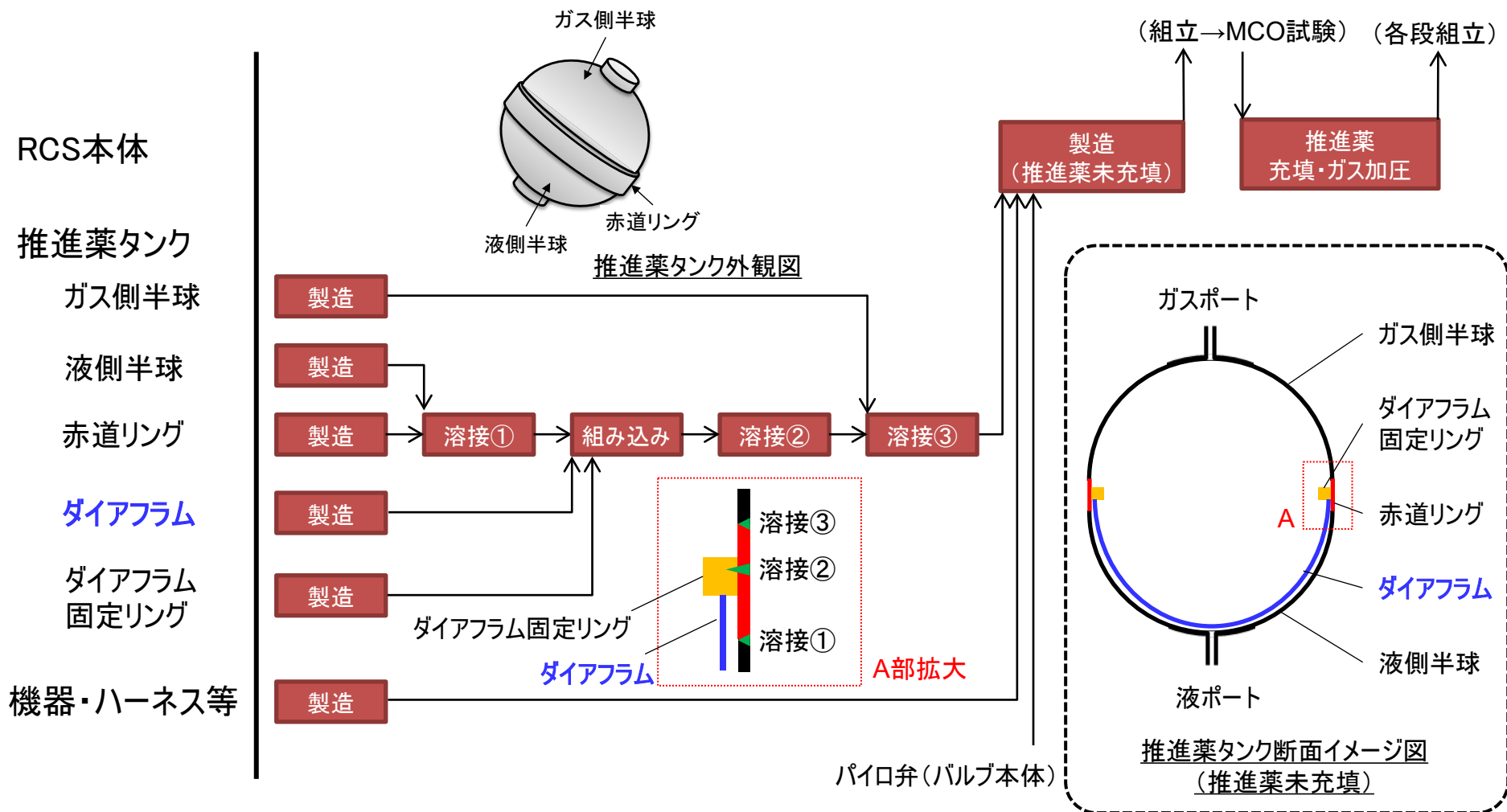


## 2. 原因究明状況

### 2-2. 推進薬供給配管の閉塞

#### (d)ダイアフラム異常ケース【A-2-2】

■ RCSのダイアフラムに関連する製造プロセスのフロー図を以下に示す。



## 2. 原因究明状況

### 2-2. 推進薬供給配管の閉塞

#### (d)ダイアフラム異常ケース【A-2-2】

- 「【A-2-2】ダイアフラムが異常」について、メーカーで規定された検査・試験方法に対する製造・検査データを詳細確認中。確認状況を以下に示す。

製造工程	確認項目	確認状況	
ダイアフラム製造(単体)	材料特性試験(試験片、ロット試験)	良好	試験データ
	耐久性試験・気密試験(ロット試験)	良好	試験方法、試験データ
	物性確認試験(試験片※、ロット試験)	良好	試験方法、試験データ
	ダイアフラム成型後外観検査	良好	検査結果
	寸法・質量	良好	検査記録
	気密試験	良好	試験データ
	最終外観検査	良好	検査結果
推進薬タンク製造 (ダイアフラム組付関連)	ダイアフラム固定リング溶接部(溶接②)健全性	溶接に関する検査記録を確認中	
	ダイアフラム組付部寸法	検査記録を確認中	
	耐圧試験	検査記録を確認中	
	気密試験	良好	試験データ

※: 耐久性試験・気密試験(ロット試験)のダイアフラムから切り出した試験片

## 2. 原因究明状況

### 2-2. 推進薬供給配管の閉塞

#### (d)ダイアフラム異常ケース【A-2-2】

製造工程	確認項目	確認状況	
推進薬充填・ガス加圧	推進薬充填	良好	充填手順、充填量データ
	ガス加圧	良好	加圧手順、圧力データ
輸送	輸送環境	良好	加速度データ、温度データ
推進薬タンク圧力データ		良好	圧力データ

## 3. 水平展開

### 3-1. H3・H-IIAロケットへの水平展開

#### (a) 前提条件

- これまでのFTA評価により当該事象が発生した2つの要因について、更なる絞り込みを行った結果、いずれも部品・コンポーネントにかかる事象として識別。
  - ✓ 「パイロ弁の開動作不良」 パイロ弁の製造・保管不良の可能性
  - ✓ 「推進薬供給配管の閉塞」 タンク・ダイアフラムの製造不良、ダイアフラム変形の閉塞事象の可能性
  
- 当該識別を踏まえ、H3ロケット及びH-IIAロケットについて、上記ステータスを水平展開し、可能性が否定できないすべての要因について影響評価を行った上で対処していく方針として検討を行った。
  
- H3ロケットおよびH-IIAロケットのRCSそれぞれについてイプシロンロケット2段RCSを構成するシステムとの共通性の識別、およびイプシロンロケット6号機のFTAを踏まえた影響評価の対象項目を次頁のとおり整理した。

### 3. 水平展開

#### 3-1. H3・H-IIAロケットへの水平展開

##### (b) 影響評価の対象

- イプシロンロケット6号機のFTA絞り込み状況を踏まえ、H-IIAロケットおよびH3ロケットのRCSでは、推進薬を充填する「タンク(ダイアフラム含む)」、および「推進薬遮断弁(パイロ弁)」を影響評価の対象とした。

	イプシロン RCS	H3 RCS	H-IIA RCS
推進薬	ヒドラジン	ヒドラジン	ヒドラジン
タンク	ダイアフラム式タンク×2式	ダイアフラム式タンク×1式 (イプシロンと設計・形状が異なる)	ダイアフラム式タンク×2式 (イプシロンと設計・形状が異なる)
	タンク容量: 24L 充填量: 9L	タンク容量: 74L 充填量: 72L(試験機1号機)	タンク容量: 37L 充填量: 36L
推進薬供給配管	1/4inch ステンレス配管	6/16inchステンレス配管	6/16inchステンレス配管
推進薬遮断弁	パイロ弁 搭載数2式	パイロ弁, 搭載数1式 (イプシロンと同じ製造元であるが 製品は異なる。作動原理は同じ。)	パイロ弁, 搭載数2式 (イプシロンと製造元も作動原理も 異なる。)
パイロ弁点火信号	OBCから1sずらして信号送出	VCON2A,VCON2B(*)から1sずらして 信号送出	GCC2から同時に信号送出
スラスタ	23Nスラスタ 搭載数8式 (2か所にそれぞれ4式)	50Nスラスタ 搭載数8式 (2か所にそれぞれ4式)	50Nスラスタ 搭載数8式 (2か所にそれぞれ4式)

(\*)VCON2A/B: 機体制御コントローラ

## 3. 水平展開

### 3-1. H3・H-IIAロケットへの水平展開

#### (c) 評価結果概要

##### 【H3ロケット水平展開】

- 「推進薬供給配管の閉塞」の要因にかかわるダイアフラムについて、推進薬充填後やパイロ弁開時にダイアフラムが推進薬タンクの液ポートに近接しないため、ダイアフラムによる液ポート閉塞の可能性は無いと評価。また、推進薬のリークやダイアフラムの破損、脱落が発生しないよう管理し、製造異常も確実にスクリーニングできるプロセスとなっていることから、フライトに異常を持ち込むリスクは無く、H3ロケットに関する懸念は排除されると評価。
- 一方、「パイロ弁の開動作不良」および「推進薬供給配管の閉塞(パイロ弁内)」の要因にかかわるパイロ弁については、H3ロケットとイプシロンロケットと製品としては異なるものの製造元と作動原理が同じである。そのため、懸念を排除できない可能性を踏まえ、H-IIAロケットのパイロ弁と交換する方針(一部技術評価を継続中の部分があるが、H3ロケットへの適用可能な見通し)。

##### 【H-IIAロケット水平展開】

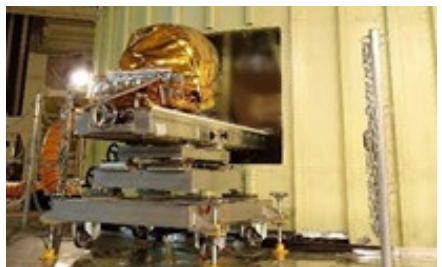
- 「推進薬供給配管の閉塞」の要因にかかわるダイアフラムについて、H-IIAロケットとH3ロケットは設計仕様、検査手順等が同じであり、H3ロケットの評価と同様にH-IIAロケットに関する懸念は排除されると評価。
- 「パイロ弁の開動作不良」および「推進薬供給配管の閉塞(パイロ弁内)」の要因にかかわるパイロ弁は、仕組みが異なり、製造異常も確実にスクリーニングできるプロセスとなっていることから、H-IIAロケットに関する懸念は排除されると評価。



# 3. 水平展開

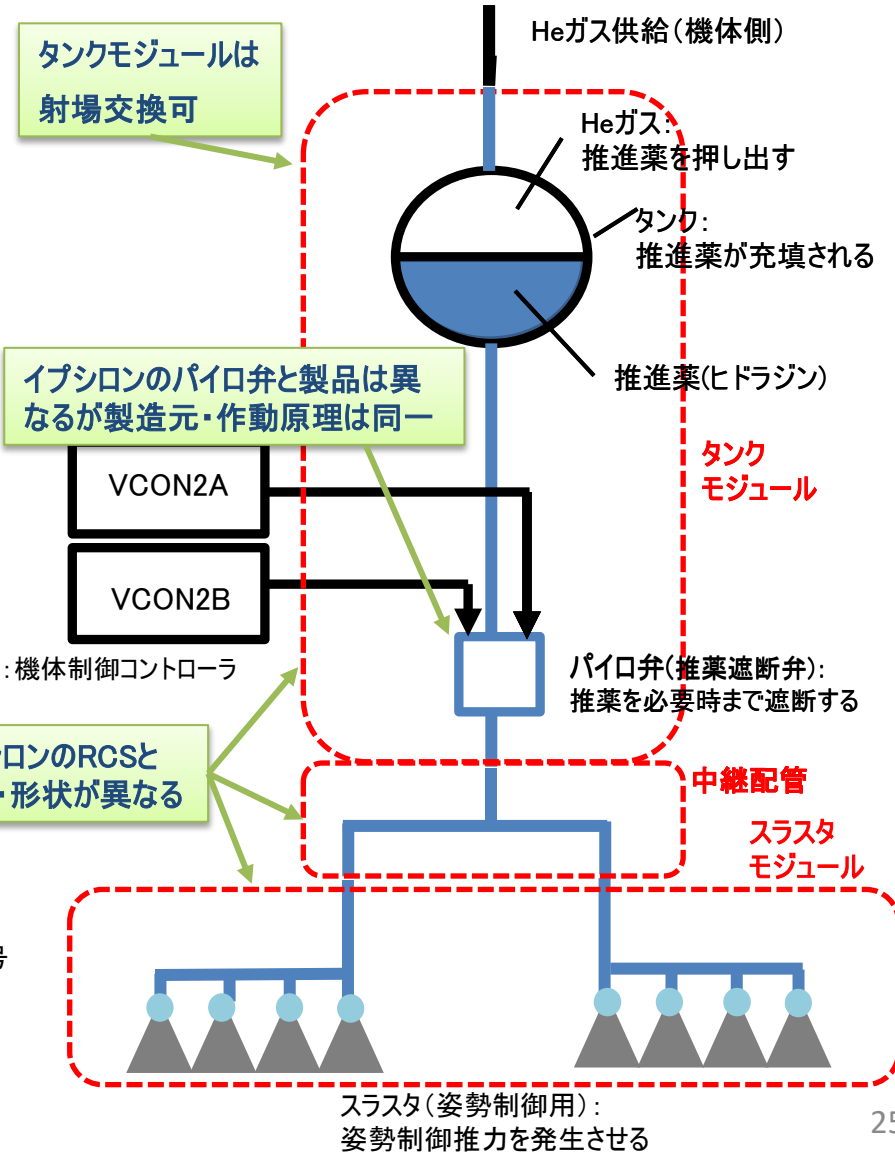
## 3-2. H3ロケットの評価概要 (a) H3ロケット第2段RCSについて

- 第1段ロケット燃焼終了後の1/2段分離以降の2段機体姿勢制御用装置であり、3つのモジュール(右図参照)で構成されている。
- イプシロン同様に推進薬にはヒドラジンを使用しており、射場での安全確保のため地上では遮断弁(パイロ弁)閉とし、飛行中にパイロ弁を作動させ流路を開通させる
- 中継配管およびスラスタモジュールの艤装は工場で行い、タンクモジュールは工場では推進薬を充填後、射場で機体に組付ける。



↑タンクモジュールを搭載する様子

H3ロケットではH-IIAロケットから運用を変えて推進薬充填済みタンクモジュールの機体組付を射場で行う。



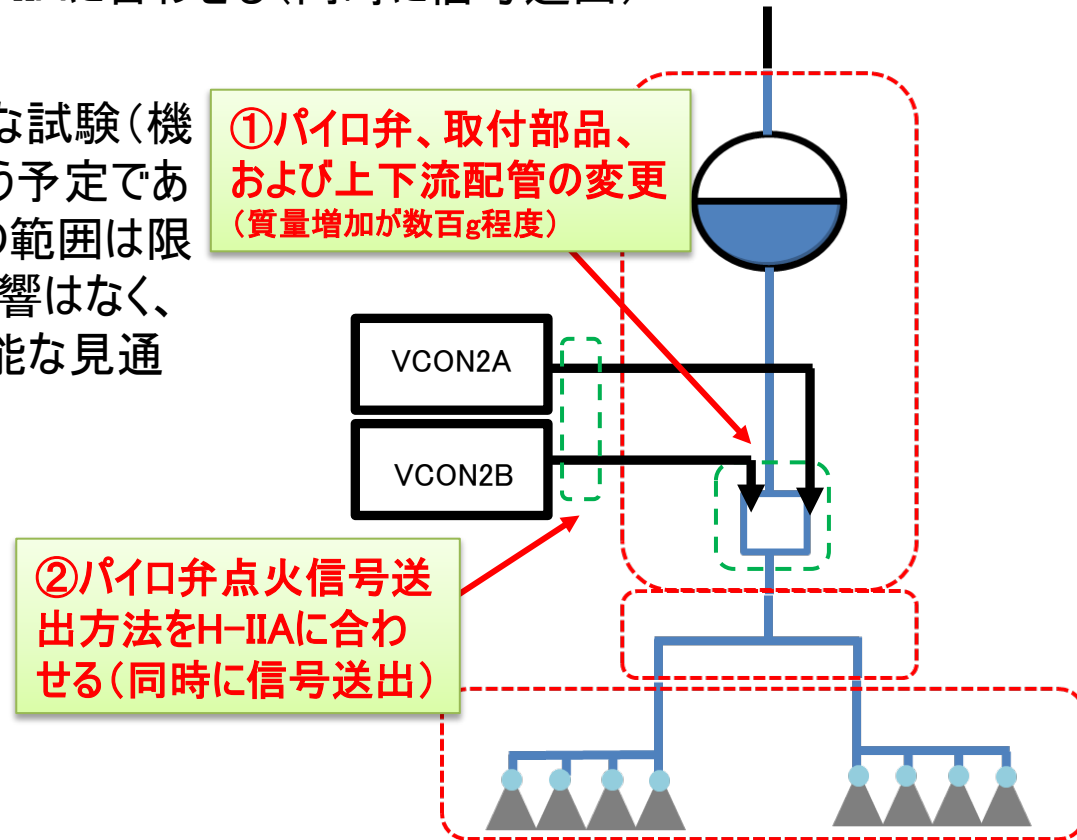
### 3. 水平展開

#### 3-2. H3ロケットへの評価概要 (b) H3ロケット第2段RCSの設計変更

- H-IIAロケットと同じパイロ弁への交換に際し、以下の設計変更を実施する。

- ①パイロ弁、取付部品、および上下流配管の変更
- ②パイロ弁点火信号発出方法をH-IIAに合わせる(同時に信号送出)

- 一部技術評価を継続および最終的な試験(機械的環境への耐性)による確認を行う予定であるが、パイロ弁交換による設計変更の範囲は限られておりロケットシステム全体への影響はなく、H-IIAパイロ弁をH3ロケットへ適用可能な見通し。



### 3. 水平展開

#### 3-2. H3ロケットの評価概要

##### (c) 影響評価の方針(1/2)

H-IIAロケットのパイロ弁に交換後のH3ロケットRCSに対する影響評価の方針を以下に示す。

- イプシロンロケット6号機のFTA絞り込み状況を踏まえ、影響評価の対象である「推進薬遮断弁(パイロ弁)」および「タンク(ダイアフラム含む)」に対し、推定要因として残る項目(FTAで△と識別)についてイプシロンとH3の設計仕様の差に注目し、影響評価する
- 評価の対象とするH3部品は下表のとおり。

イプシロンとH3の評価対象部品の対応

イプシロン評価対象部品		H3評価対象部品	補足
パイロ弁	バルブ本体	H-IIAパイロ弁	PCを除いた部品をパイロ弁と定義
	イニシエータ	H-IIAパイロ弁用PC(*)	イニシエータによる起爆とPCA(ブースター)によるガス発生機構を担うPCを対象として評価
	PCA		
タンク(ダイアフラム含む)		同左	-

\* PC: パワーカートリッジ  
(パイロ弁を作動させる火工品)

## 3. 水平展開

### 3-2. H3ロケットへの評価概要

#### (c) 影響評価の方針(2/2)

H3ロケットで評価対象とする部品の概要を以下に示す。

#### 【H-IIAパイロ弁】

- H-IIAパイロ弁は冗長構成の火工品(パワーカートリッジ:PC)を装着し、PC着火で発生する高温高压ガスで、パイロ弁内の摺動部が移動することで、流路を開通させる機構。(イプシロンのパイロ弁と設計仕様が異なる)
- H-II初号機から現在のH-IIAまで同一設計でありフライト実績は100式以上 (H-II/H-IIA/H-IIBロケット1機あたり2式搭載)

#### 【H-IIAパイロ弁用火工品(PC)】

- 火薬を電気着火し高温高压ガスを発生させる。イプシロンの「イニシエータ」+「ブースター」の機能に相当。(イプシロンの火工品と設計仕様が異なる)
- H-IIAパイロ弁と同様にH-II初号機から現在のH-IIAまで同一設計でありパイロ弁の開実績は100回以上(パイロ弁1式に対し2個のPCを装着する冗長構成)

#### 【タンク(ダイアフラム含む)】

- 推進薬タンクは俵形(H-IIA球形タンクに長胴部を追加したもの)でダイアフラム方式。赤道部で円周を固定したダイアフラム(ゴム製の膜)を界面に、推進薬を加圧ガスによって押し出して推進薬を供給する。(イプシロンのタンク(ダイアフラム含む)と設計仕様が異なる)なお、H3では加圧ガスはヘリウムを使用する。
- タンクの直径、ガス/液ポート形状、ダイアフラムシール部はH-IIAと同一。
- ダイアフラムの材料はH-IIAと同一。サイズのみ異なる。

# 3. 水平展開

## 3-2. H3ロケットへの評価概要

### (d) FTA要因に対する評価(1/2)

#### (1) パイロ弁の開動作不良

項目	H3への評価(H-IIAパイロ弁交換後)	
	対象	評価概要
【A】イニシエータ作動不良 【B】PCA作動不良		⇒製造異常は確実にスクリーニングできるプロセスであり、保管/寿命要求根拠も明確。工場/射場における点検基準も齟齬がないため影響はないと評価。
【A-1】製造不良 【B-1】製造不良	PC	・イニシエータとPCは設計仕様が異なる。開発時の検証結果に基づき設定した、製造/検査工程で異常時は確実にスクリーニングできるプロセスとなっていることを確認した。
【A-2】保管不良 【B-2】保管不良	PC	・射場・工場における保管要求(保管状態・温湿度)は、開発時に仕様として設定し、根拠は明確である。また、工場・射場が、保管要求を満足できる環境となっていることを確認している。 ・保管寿命は開発時に仕様として設定し、根拠は明確である。
【A-3】射場における点検不良	PC	・工場・射場において開発時に定められた点検基準と同じ条件でPC単体の導通/絶縁抵抗を測定し健全性確認する。
【C】バルブ本体(ラム・仕切り板)作動不良		⇒製造異常は確実にスクリーニングできるプロセスであり、保管/寿命要求根拠も明確。リングの外観点検も実施し記録確認できることから、影響はないと評価。
【C-1】製造不良	パイロ弁	・パイロ弁の設計仕様が異なる。開発時の検証結果に基づき設定した、製造/検査工程で異常時は確実にスクリーニングできるプロセスとなっている。
【C-2】保管不良	パイロ弁	・工場・射場における保管要求(保管状態・温湿度)は、開発時に仕様として設定し、根拠は明確である。また、工場・射場が、保管要求を満足できる環境となっていることを確認している。 ・保管寿命は開発時に仕様として設定し、根拠は明確である。
【C-3】PCA・バルブ本体組付け不良	パイロ弁	・PCとパイロ弁間のリングは、工場外観点検を実施しており、射場での組付け時も外観点検を実施している。点検結果は検査記録により確認できる。

# 3. 水平展開

## 3-2. H3ロケットへの評価概要

### (d) FTA要因に対する評価(2/2)

#### (2) 推進薬供給配管の閉塞

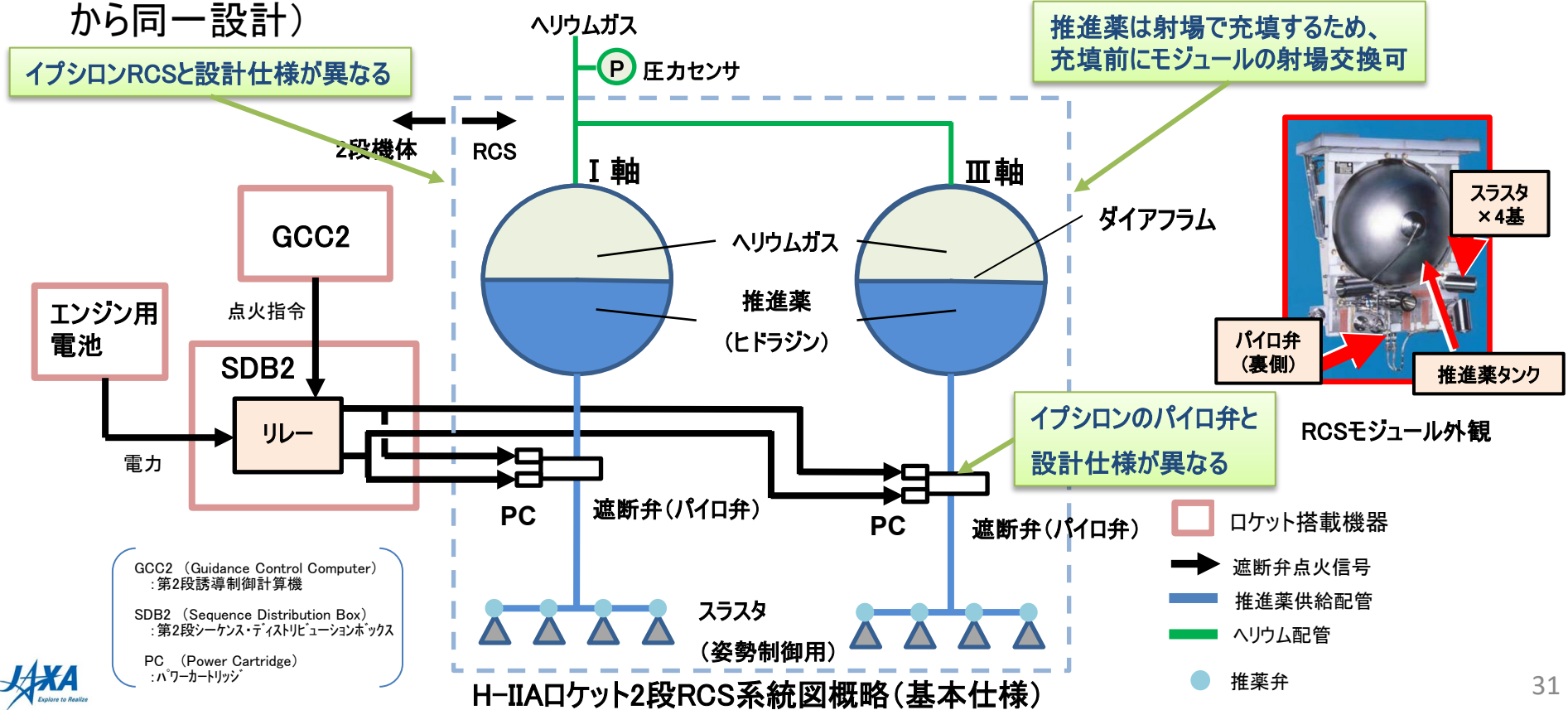
項目	H3への評価(H-IIAパイロ弁交換後)	
	対象	評価概要
<b>【A】タンク出口ポートの閉塞/【A-2】ダイアフラムによる閉塞</b>		
【A-2-1】 ダイアフラムが正常	ダイアフラム	<p>以下のとおり、<u>推進薬充填後や、パイロ弁開時にダイアフラムが推進薬タンクの液ポートに近接しないため、ダイアフラムによる液ポート閉塞の可能性は無いと評価。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•タンク容量74Lに対し、打上げ前に72L(試験機1号機)の充填状態であり、半球状のダイアフラムがガスポート側に張り付いた状態のため、パイロ弁開動作まではダイアフラムは液ポート側から最も離れた位置にあり液ポートに近接することはない。</li> <li>•パイロ弁が開動作することで、下流のスラストまでの配管に推進薬が瞬間的に流れるが、流れる量はタンク全推進薬量に対し微量であることから、開動作によりダイアフラムが大きく変形し、液ポートに近接することはない。</li> </ul>
【A-2-2】 ダイアフラムが異常	ダイアフラム	<p>以下のとおり、<u>推進薬のリークやダイアフラムの破損、脱落が発生しないよう管理し、製造異常も確実にスクリーニングできるプロセスとなっていることから、フライトに異常を持ち込むリスクは無く、推進薬が液側からガス側へ漏洩してダイアフラムが液ポートに近接することはないため、液ポート閉塞の可能性は無いと評価。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•ダイアフラムの設計仕様が異なる。開発時の検証結果に基づき設定した、製造/検査工程で異常時は確実にスクリーニングできるプロセスとなっていることを確認した。(ダイアフラム単体の異常のリスクはない)</li> <li>•タンクとダイアフラムの固定箇所(推進薬と加圧ガスの界面となるダイアフラムのシール部)の寸法を管理しシール面圧を確実に確保した上で、シール部の健全性を確認するため、液ポート側からの加圧による漏洩点検と、ガスポート側からの加圧による漏洩点検の両方を高圧/低圧の2条件で実施している。なお、万一推進薬充填時にタンク内で液側からガス側に推進薬の内部漏洩があった場合、作業者が確認できる。</li> </ul>
<b>【C】パイロ弁内の推進薬配管の閉塞⇒製造異常は確実にスクリーニングできるプロセスであるため影響はないと評価。</b>		
【C】 パイロ弁内の推進薬配管の閉塞	パイロ弁	<ul style="list-style-type: none"> <li>•パイロ弁の設計仕様が異なる。開発時の検証結果に基づき設定した製造/検査工程に従い製造され、異常時は確実にスクリーニングできるプロセスとなっている。</li> </ul>

# 3. 水平展開

## 3-3. H-IIAロケットへの評価概要

### (a) H-IIAロケット第2段RCS(系統)について

- 第1段ロケット燃焼終了後の1/2段分離以降の2段機体姿勢制御用装置であり、推進薬タンク及びスラスタ等からなるモジュールが2式搭載されている
- イプシロン同様に推進薬にはヒドラジンを使用しており、射場での安全確保のため地上では遮断弁(パイロ弁)閉とし、飛行中にパイロ弁を作動させ流路を開通させる
- 艙装はすべて工場で行い、射場でパイロ弁用火工品の取付/結線と推進薬の充填を行う
- 2段RCS系はH-IIAロケット初号機から基本仕様としては同一設計(パイロ弁/PCはH-II初号機から同一設計)



### 3. 水平展開

#### 3-3. H-IIAロケットへの評価概要

##### (b) FTA要因に対する評価(1/2)

- H3と同様、イプシロンとH-IIAの設計仕様の差に注目し、影響評価を行った。
- 推定要因として残る項目に対し評価した結果、H-IIAへ影響がないことを確認した。

#### (1)パイロ弁の開動作不良

項目	H-IIAへの評価	
	対象	評価概要
【A】イニシエータ作動不良 【B】PCA作動不良		
【A-1】製造不良 【B-1】	PC	・H3の評価に同じ
【A-2】保管不良 【B-2】	PC	・H3の評価に同じ
【A-3】射場における点検不良	PC	・H3の評価に同じ
【C】バルブ本体(ラム・仕切り板)作動不良		
【C-1】製造不良	パイロ弁	・H3の評価に同じ
【C-2】保管不良	パイロ弁	・H3の評価に同じ
【C-3】PCA・バルブ本体組付け不良	パイロ弁	・H3の評価に同じ



### 3. 水平展開

#### 3-3. H-IIAロケットへの評価概要

##### (b) FTA要因に対する評価 (2/2)

#### (2) 推進薬供給配管の閉塞

項目	H-IIAへの評価	
	対象	評価概要
【A】タンク出口ポートの閉塞/【A-2】ダイヤフラムによる閉塞		
【A-2-1】ダイヤフラムが正常	ダイヤフラム	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H-IIAのタンク容量に対する打上げ前の推進薬充填状況はH3と同等であることからH3の評価に同じ</li> <li>H3 : タンク容量74L、打上げ前充填量72L(試験機1号機)</li> <li>H-IIA: タンク容量37L、打上げ前充填量36L</li> </ul>
【A-2-2】ダイヤフラムが異常	ダイヤフラム	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H3の評価に同じ</li> </ul>
【C】パイロ弁内の推進薬配管の閉塞		
【C】パイロ弁内の推進薬配管の閉塞	パイロ弁	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H3の評価に同じ</li> </ul>

## 4. 今後の進め方

### ■ 結果サマリ

#### 【イプシロン原因究明】

- ✓ 2段RCSが機能しなかった要因として可能性が否定できない「パイロ弁の開動作不良」および「推進薬供給配管の閉塞」2つの推定要因について、更なる要因の絞り込みを行った結果、いずれも部品・コンポーネントにかかる事象として識別。

#### 【原因究明事項のH3ロケット、H-IIAロケット水平展開】

- ✓ H3ロケットでは、H-IIAロケットで実績のある、仕組みの異なるパイロ弁に交換することでH3ロケットに関する懸念は排除されると評価。
- ✓ H-IIAロケットの水平展開を行った結果、H-IIAロケットはいずれの要因についても懸念は排除されると評価。

### ■ 今後の予定

- ✓ 俯瞰的な視点を確保しつつ、追加の検証を含め、原因特定に向けた分析等を引き続き行い、後継ロケット等に対策を反映していく予定。