

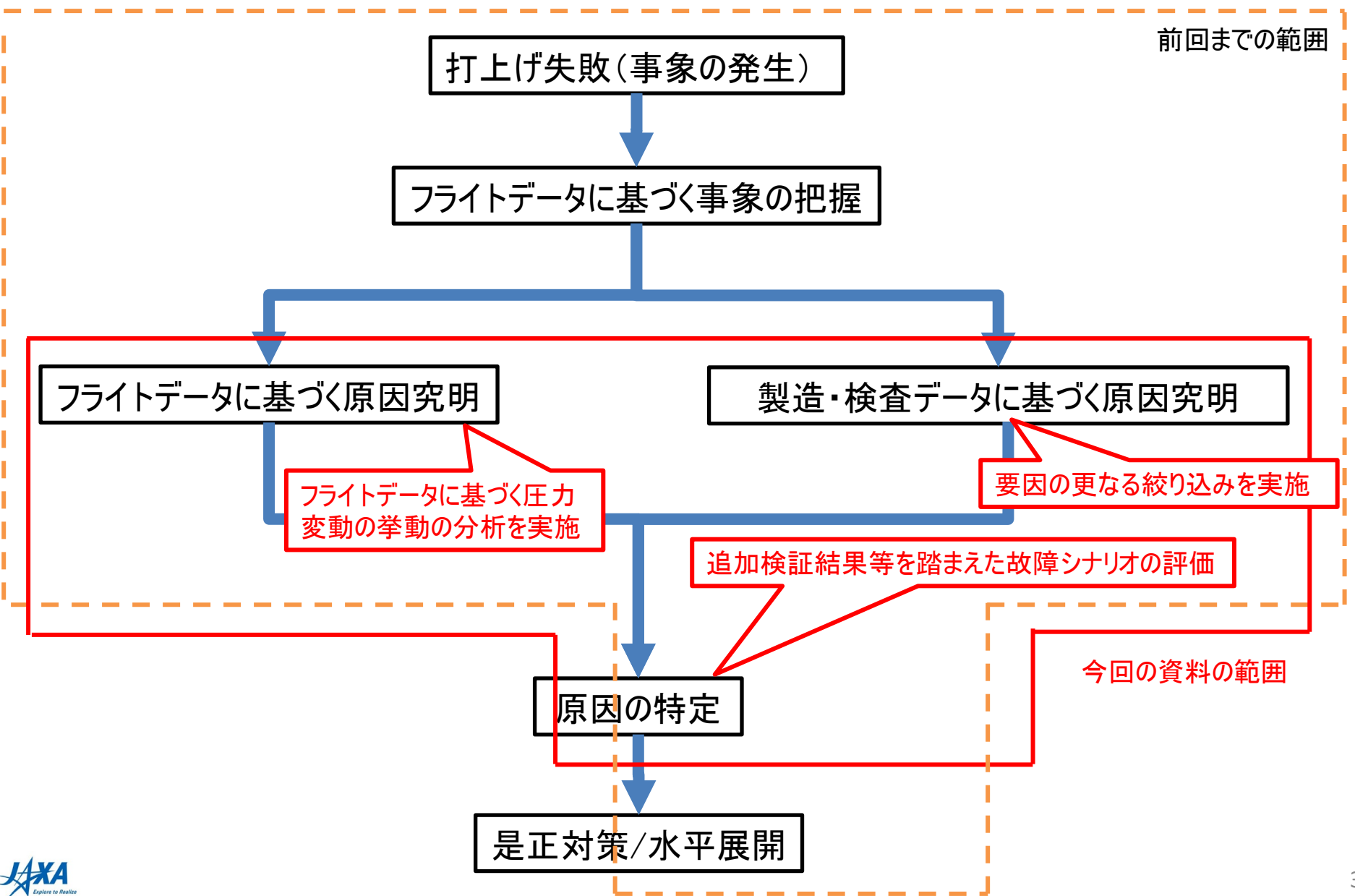
イプシロンロケット6号機 打上げ失敗原因調査状況

令和5(2023)年2月3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(再掲)
 - 2. 原因究明状況
 - 2-1. +Y軸側下流配管圧力挙動の検証
 - 2-2. 故障シナリオ検討
 - 2-3. ダイアフラムによる閉塞
 - 3. 今後の進め方

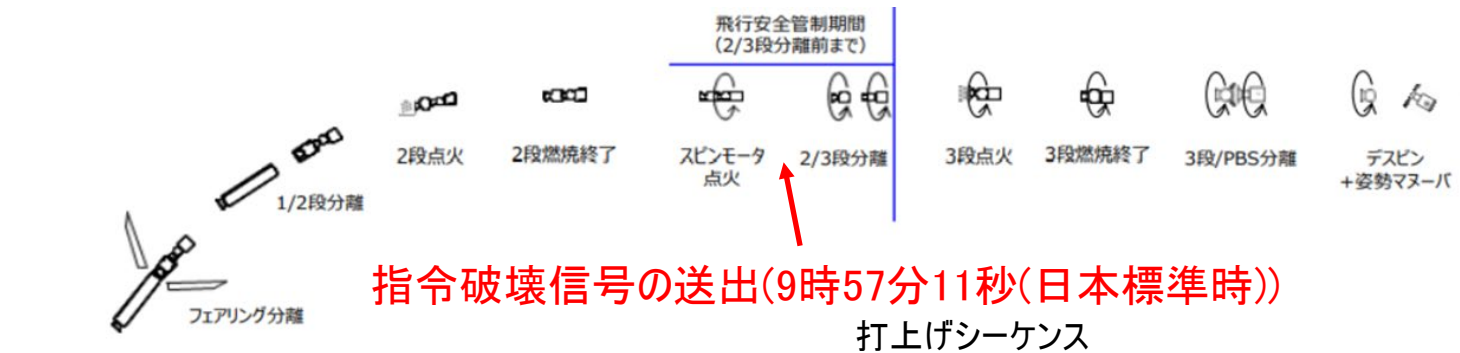
0. 本日の報告内容



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



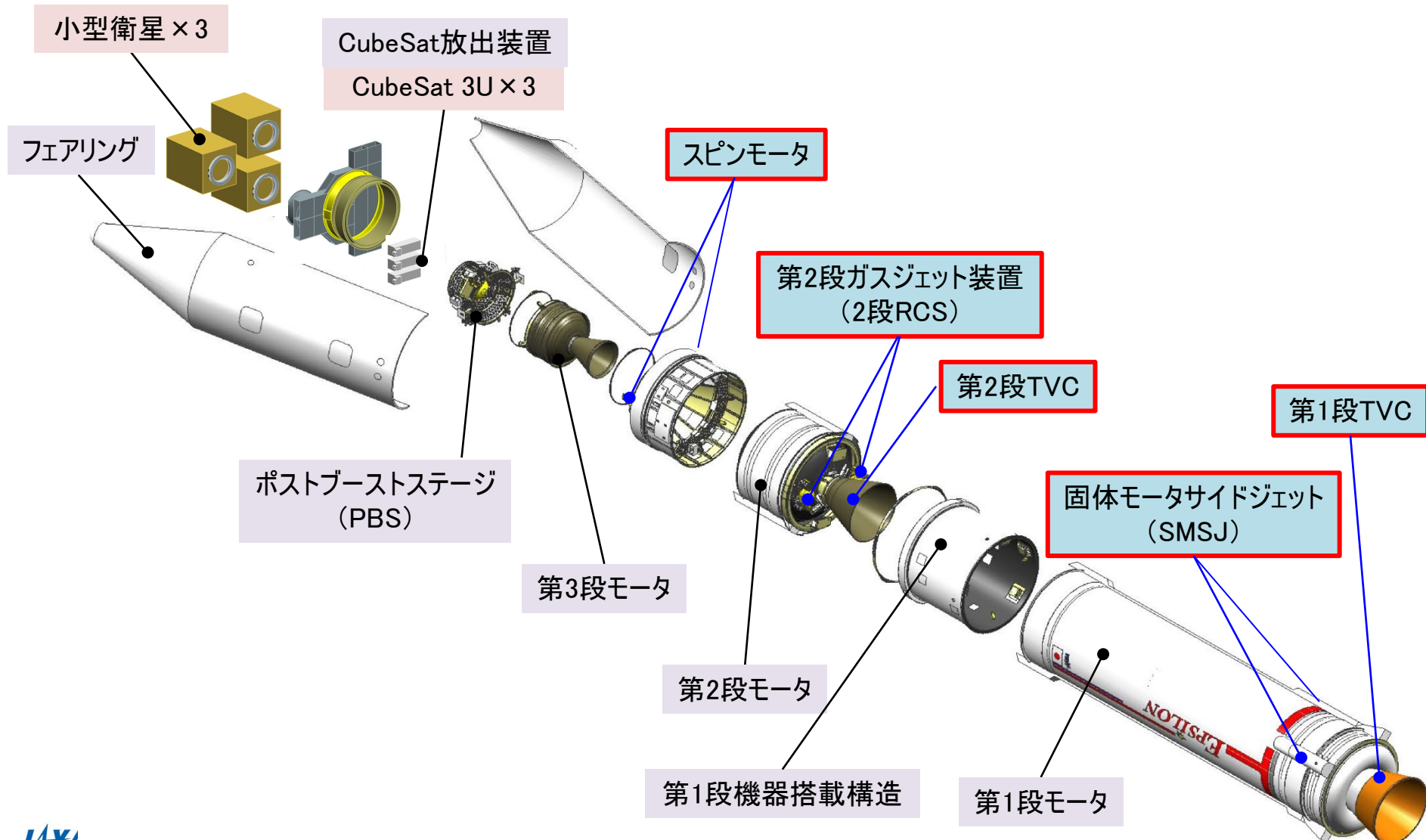
項目		機体諸元
全長		26m
直径		最大径:φ2.6
全備質量		96ton
段構成		固体3段式 + PBS
衛星分離		小型実証衛星3号機: Lightband*1、受託衛星: Lightband*2、キューブサット: E-SSOD*3
衛星搭載		複数衛星搭載構造Ⅲ型(IA新規開発)
フェアリング		投棄部: 9187mm、非投棄部: 450mm
PBS	推進薬タンク	φ650 x1基(1液ヒドラジン)
	姿勢制御	PBSスラスタ(3軸)
第3段	モータ	KM-V2c (ノズル非伸展)
	推進薬	ポリブタジエン系コンポジット
	姿勢制御	スピン安定
第2段	モータ	M-35 (φ2.6m)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

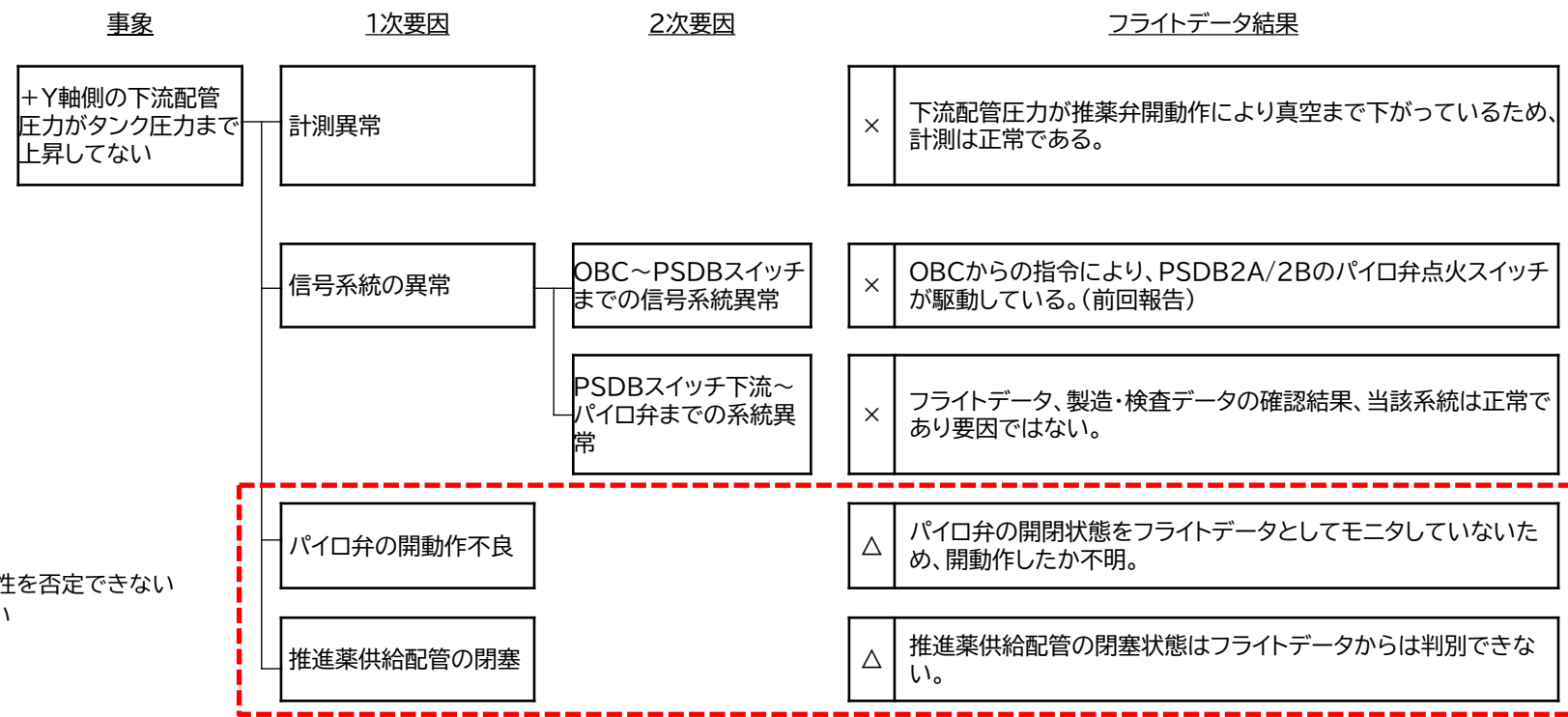
イプシロンロケットの1段および2段に搭載されている姿勢制御装置を以下の図の赤枠に示す。



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(再掲)

- 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。
- 残った2つの要因について、発生可能性を詳細要因としてFTAを展開し、絞り込みを実施して、故障シナリオ検討した。

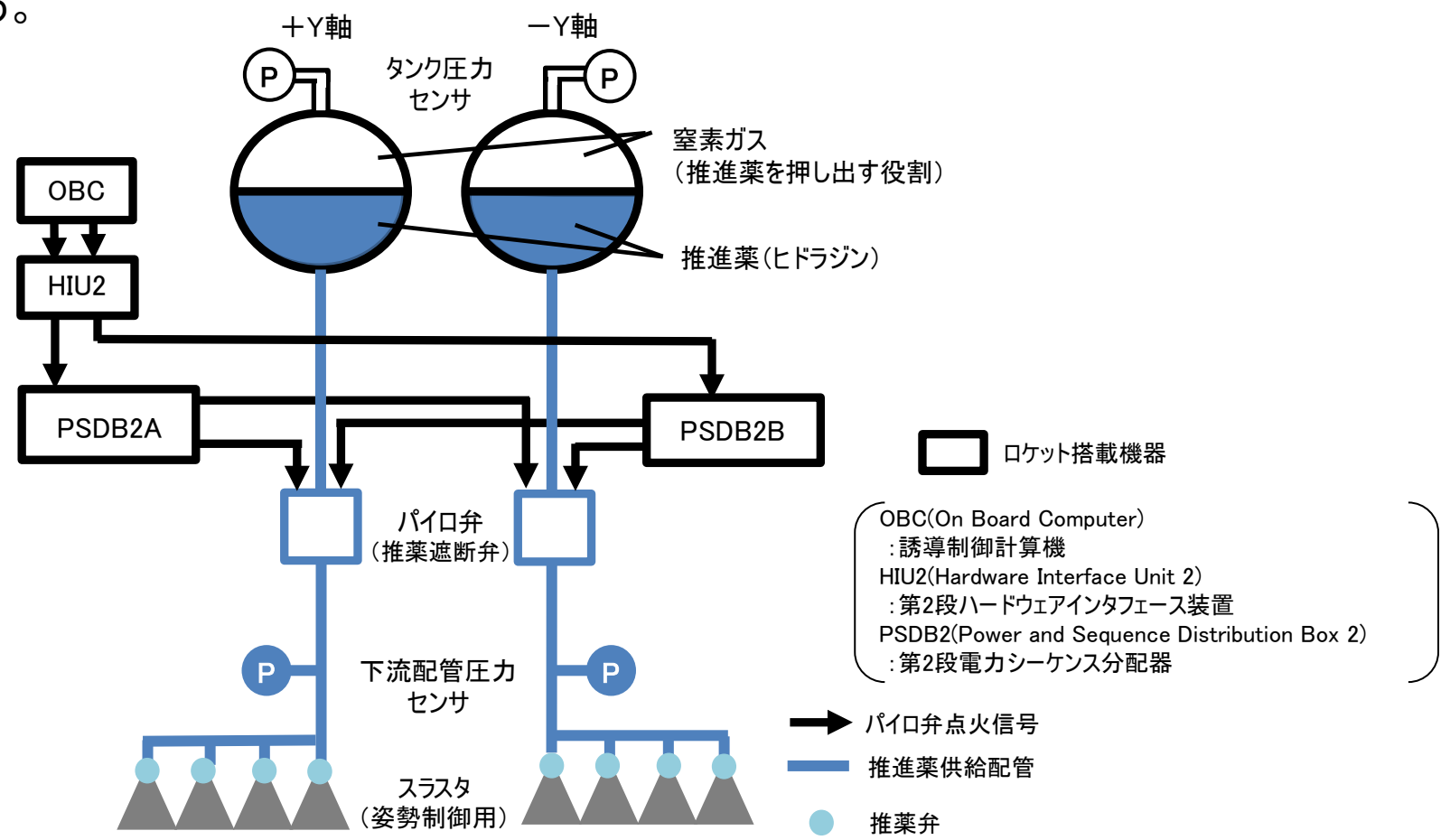


(凡例)
 ○:原因である
 △:原因の可能性を否定できない
 ×:原因ではない

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)

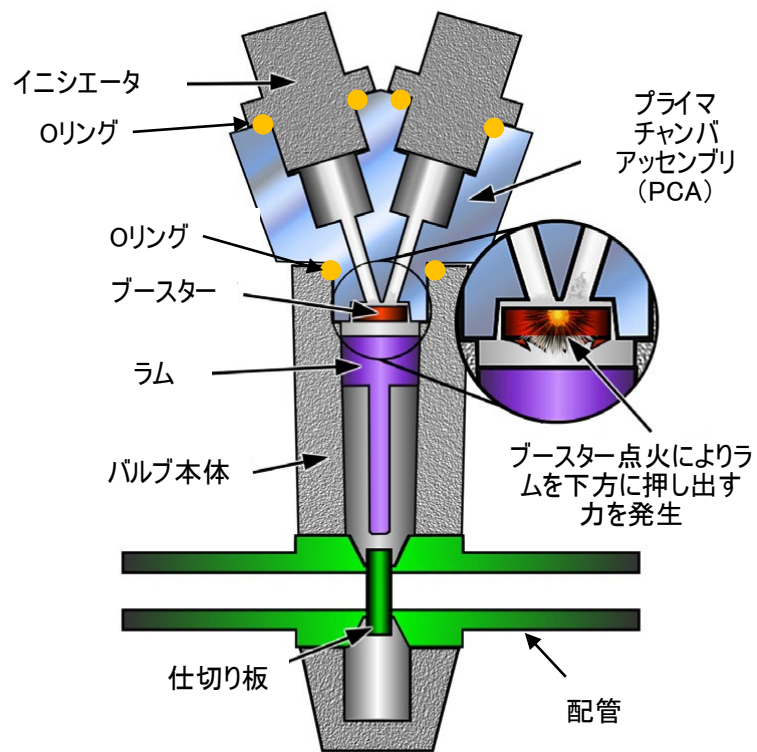
- 射場では安全のために推進薬をパイロ弁(推薬遮断弁)で遮断しており、飛行中に誘導制御計算機(OBC)からの信号(点火信号系統は冗長構成)でパイロ弁を開にしてスラスト直近まで推進薬を送る。
- 誘導制御計算機からの信号により推薬弁を開閉させ、触媒反応による燃焼により推力を発生させる。



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(インシエータ、ブースター)の点火により流路を開通させるバルブ。
- イン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 インシエータに点火
- 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

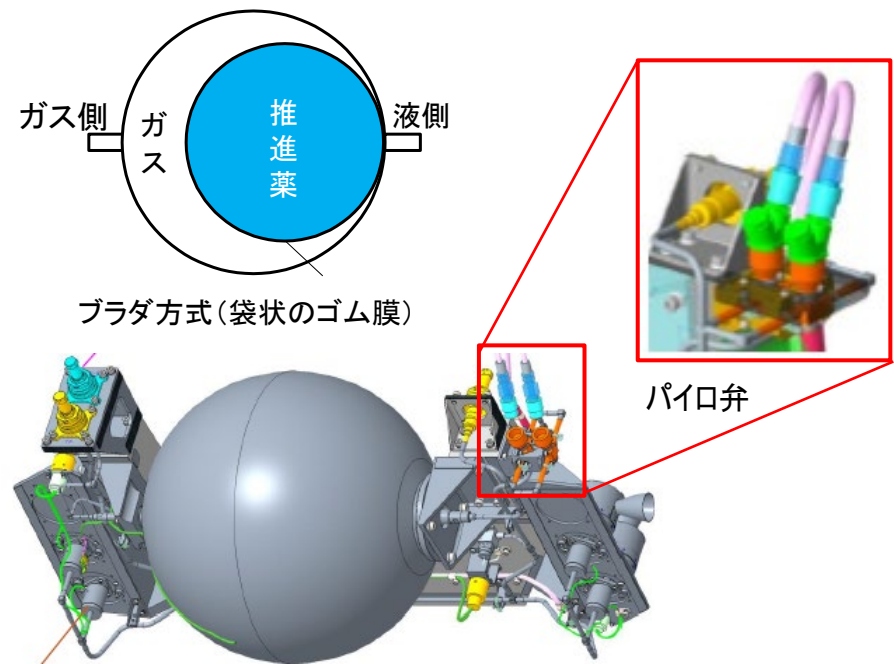
『NASA Engineering and Safety Center Technical Bulletin No. 10-02』より抜粋

1. イプシロンロケット6号機概要

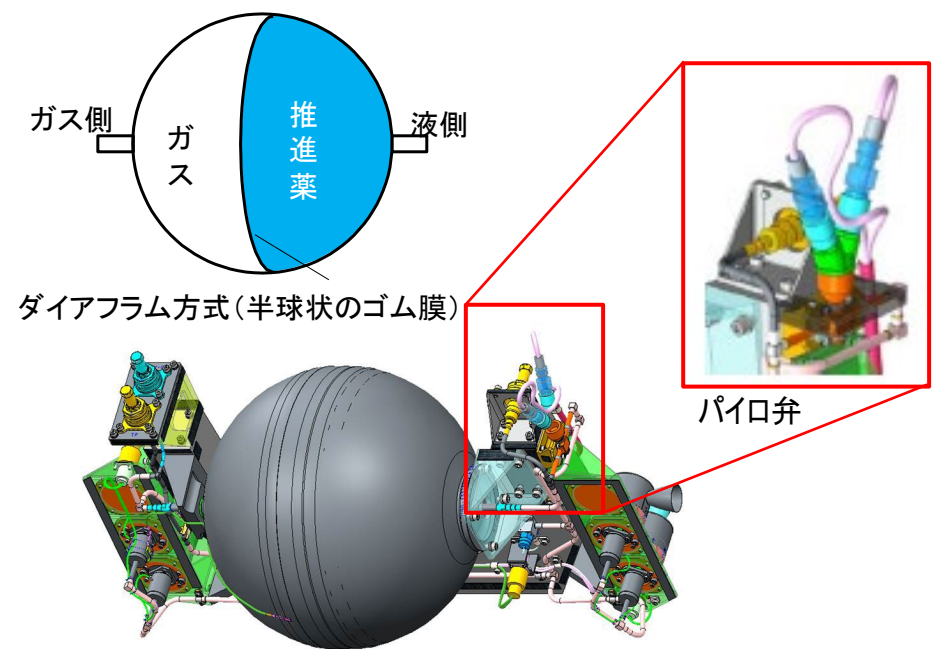
1-4. (c) 2段RCS開発経緯(再掲)

■ 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 ブラダ式 タンク×2式 ※ 推進薬充填・加圧@工場	Φ362mm ダイアフラム式 タンク×2式 ※ 推進薬充填・加圧@工場
パイロ弁	4基 (2基(イニシエータ1式)×2式)	2基 (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つの要因に対して、フライトデータで取得した「+Y軸側下流配管圧力挙動の検証」により再現性を確認し、追加検証および製造・検査データにより、それぞれの要因について故障シナリオの発生可能性を検討した。また、ダイヤフラムによる閉塞に関し、詳細FTAの展開や追加試験を行った。

- +Y軸側下流配管圧力挙動の検証(2-1項)
- 故障シナリオ検討(2-2項)
 - パイロ弁の開動作不良(2-2-1項)
 - 推進薬供給配管の閉塞(2-2-2項)
- ダイヤフラムによる閉塞(2-3項)

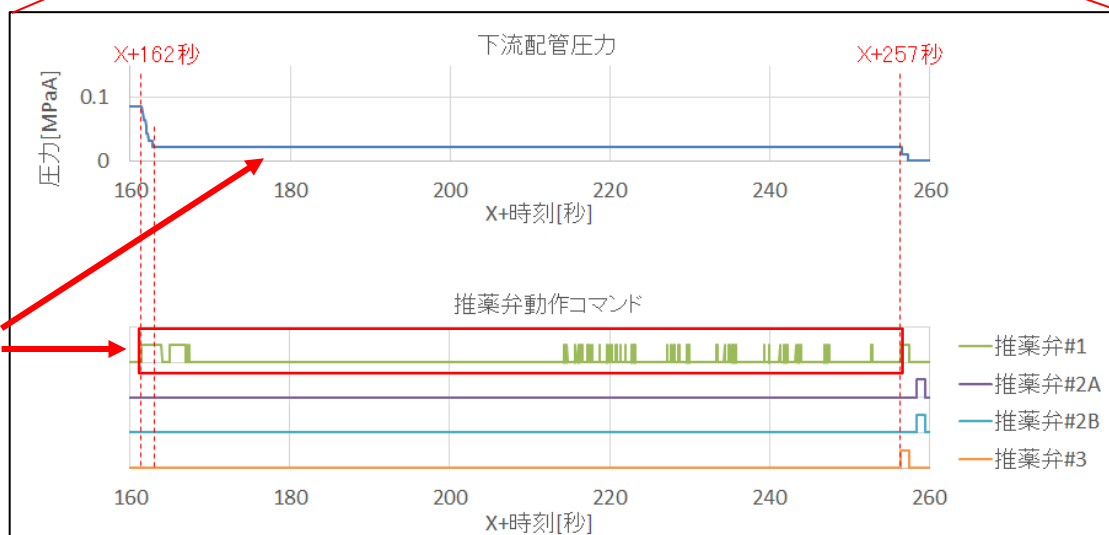
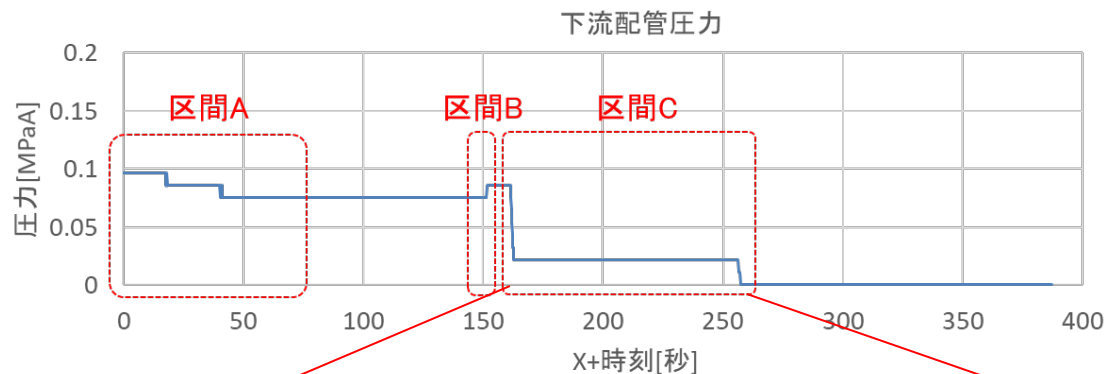
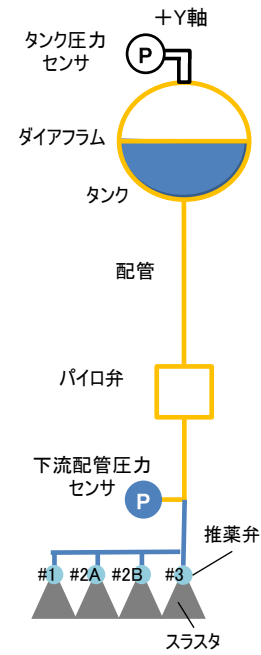
2. 原因究明状況

2-1. +Y軸側下流配管圧力挙動の検証

■ +Y軸側パイロ弁下流配管圧力(フライトデータ)は以下の挙動が確認された。

【区間B】:パイロ弁点火信号送出後に1分解能(0.011MPa)上昇

【区間C】:推薬弁#1開動作中に0.022MPaA保持

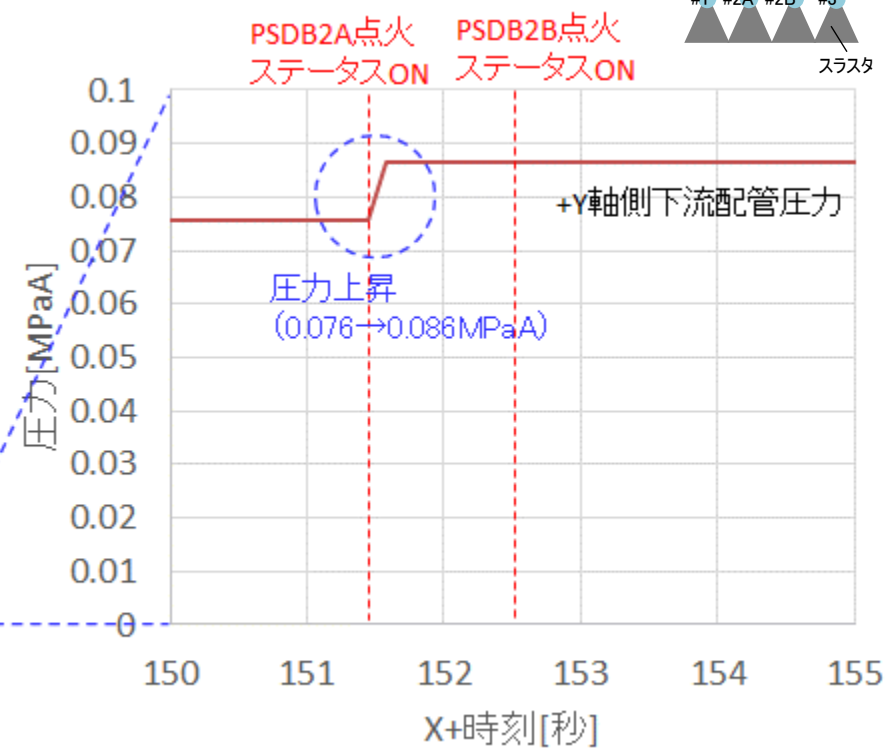
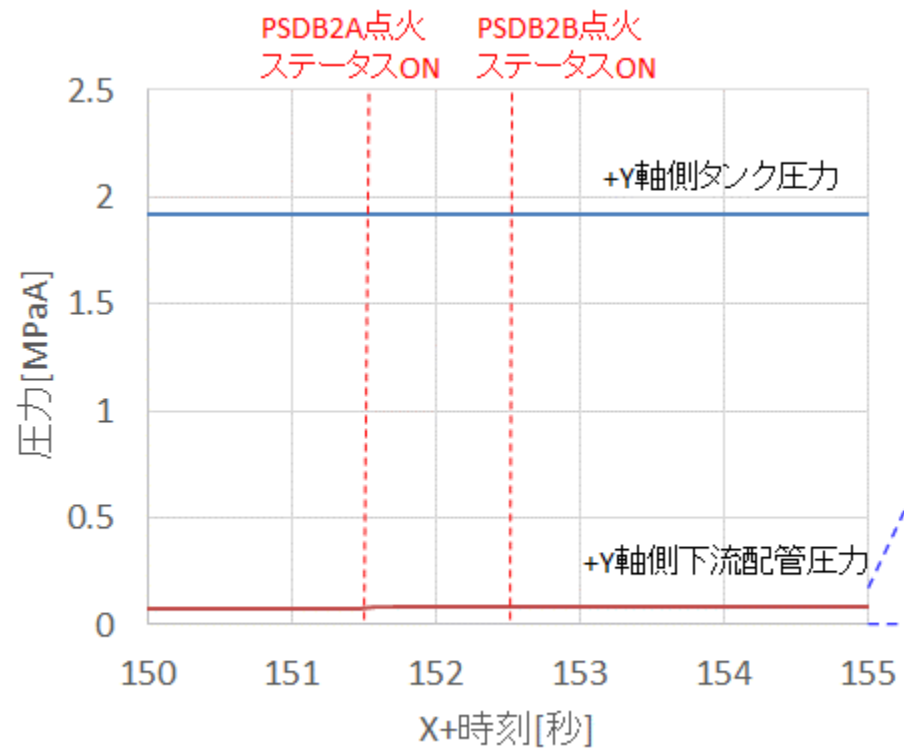
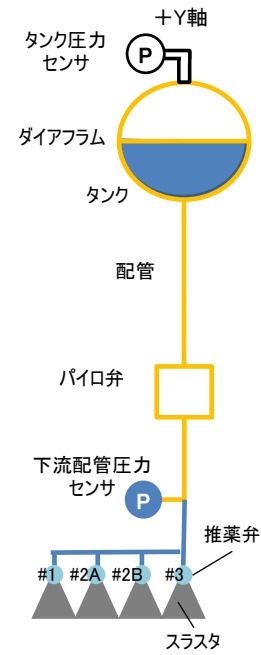


推薬弁#1が動作しても下流配管圧力が真空圧(外の環境)まで下がる

2. 原因究明状況

2-1. +Y軸側下流配管圧力挙動の検証

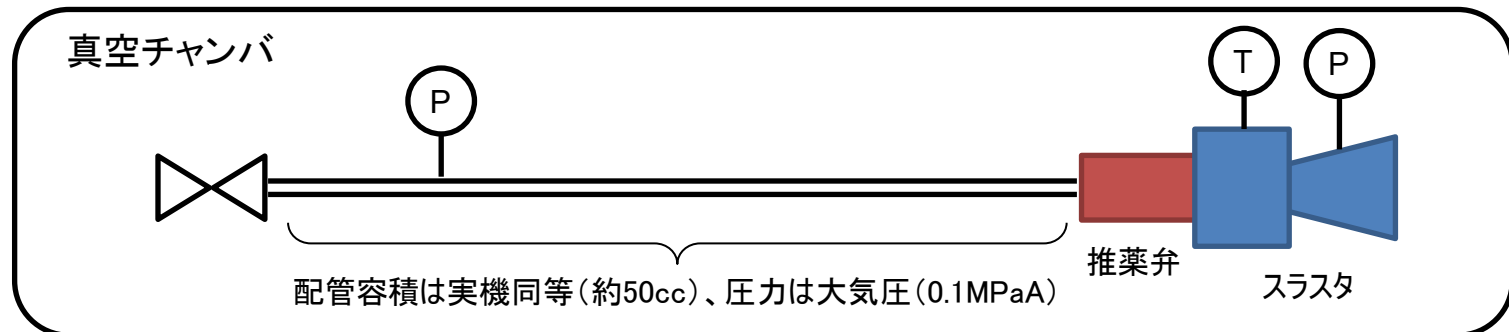
- 区間Bのパイロ弁点火信号送出後の1分解能(0.011MPa)上昇は実事象と判断した(前回報告の通り)。
- パイロ弁から推薬弁までの配管容積は約50ccであり、計算上、数ccの非圧縮性流体がパイロ弁下流に流入すると1分解能(0.011MPa)に相当する圧力上昇に繋がる。



2. 原因究明状況

2-1. +Y軸側下流配管圧力挙動の検証

- 区間Cの推薬弁#1開動作中に圧力0.022MPaAが保持されている状況の調査として、実機配管を模擬し、推薬弁を開動作させて圧力・温度データを取得する試験を実施した。
 - ✓ 配管内部に窒素ガス、水分を含む空気を封入したケースでは、圧力は保持されなかった。気体のみの影響や仮説的な可能性を想定していた氷結による推薬弁の閉塞はなし。
 - ✓ 配管内部にヒドラジンを封入したケースでは、フライトと同様に圧力が保持された。ヒドラジンの反応等によるものと考えられる。



ケース	配管内部	試験結果
1	窒素ガス (気体のみ影響確認)	・配管圧力は真空まで低下 ・温度変化なし
2	水分を含む空気 (氷結可能性の確認)	・配管圧力は真空まで低下 ・温度変化なし
3	窒素ガス +ヒドラジン5cc封入	・配管圧力は約0.01MPaAを保持 ・スラスト温度およびスラスト下流圧力に変化あり
4	窒素ガス +ヒドラジン10cc封入	・配管圧力は約0.03MPaAを保持 ・スラスト温度およびスラスト下流圧力に変化あり

2. 原因究明状況

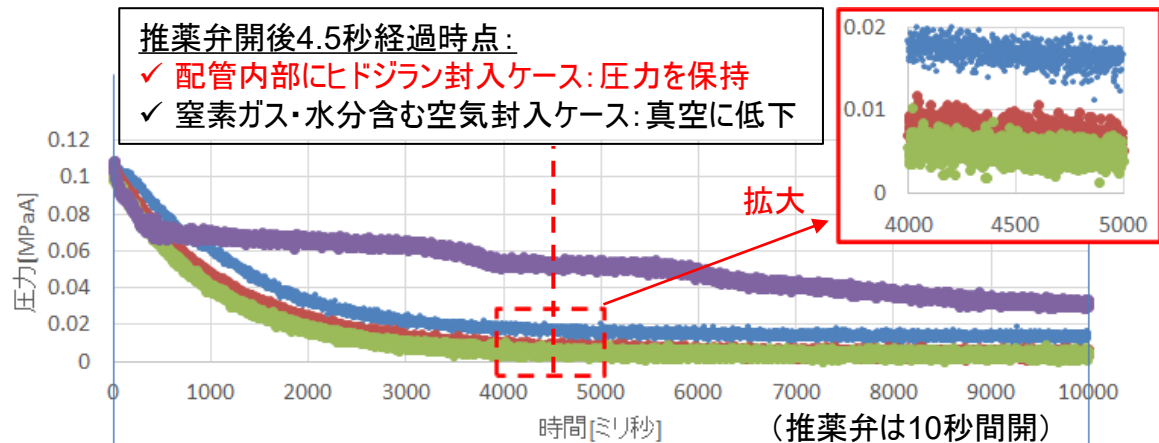
2-1. +Y軸側下流配管圧力挙動の検証

- フライト中に推薬弁#1が連続開動作した時間(累積4.5秒間)に対して、試験では10秒間推薬弁を開動作させて推薬弁開後4.5秒経過時点での圧力挙動の比較評価を実施した。
- 下流配管圧力(フライトデータ)が保持された理由は、パイロ弁下流に数ccのヒドラジンが存在していたためと考えられる。気体のみの場合や水分が存在している場合では圧力は保持されない。

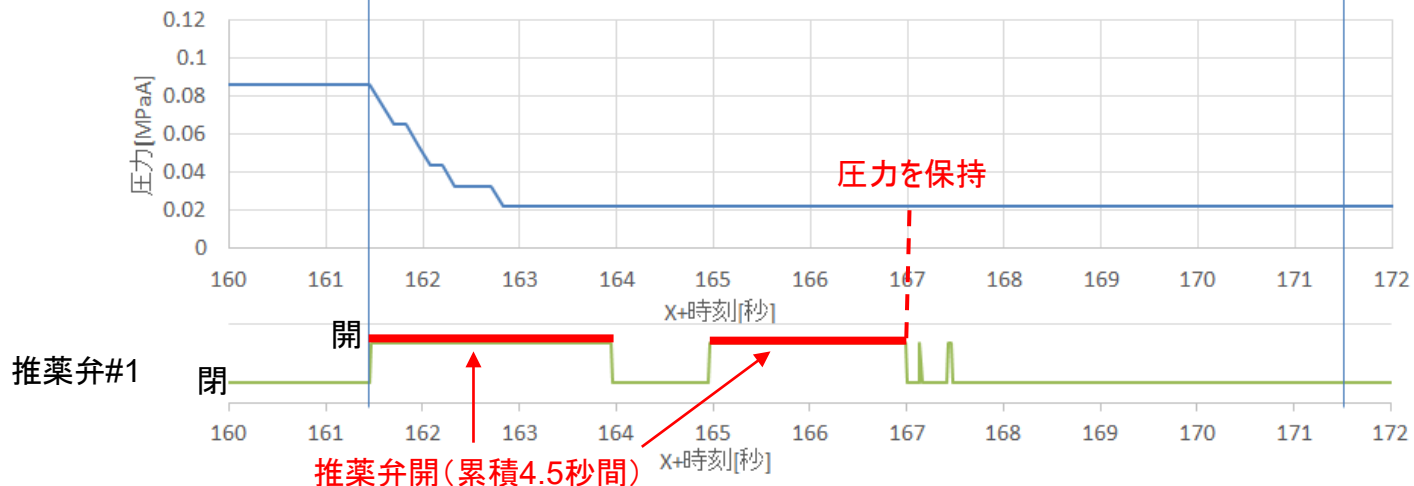
試験データ

【配管内部】

- 窒素ガス+ヒドラジン10cc
- 窒素ガス+ヒドラジン5cc
- 窒素ガス
- 空気(水分含む)



フライトデータ

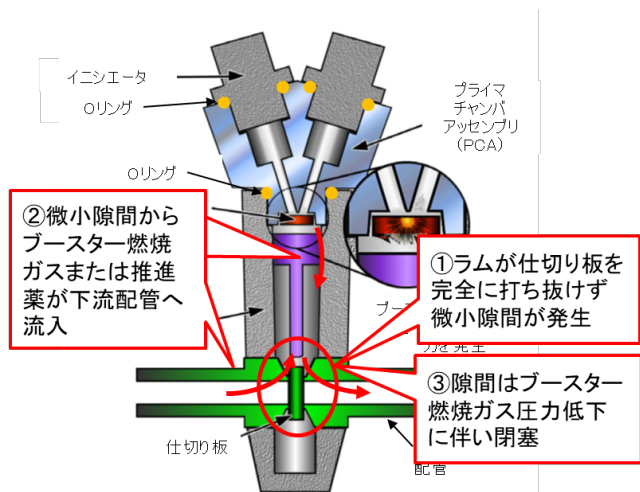


2. 原因究明状況

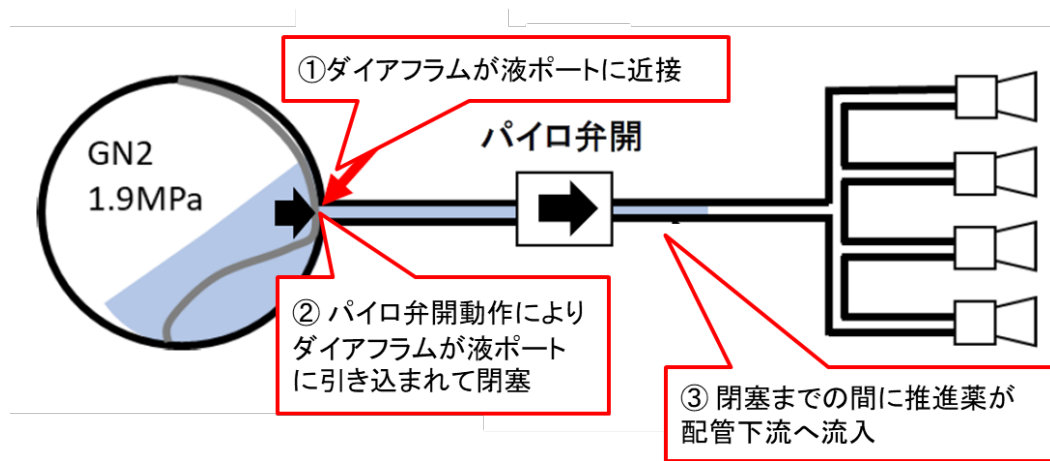
2-2. 故障シナリオ検討(再掲)

- 下流配管圧力の挙動が実事象であることに基づいた故障シナリオを下表に示す。
- これらの故障シナリオの発生可能性を検討した。

要因	故障シナリオ
パイロ弁の開動作不良	PCA作動後にラムが仕切り板を完全に打ち抜けず、仕切り板に微小な隙間が発生してブースター燃焼ガスまたは推進薬がわずかにパイロ弁下流に入り込んだ。
推進薬供給配管の閉塞	ダイヤフラムが液ポートに近接し、パイロ弁開動作時にダイヤフラムが液ポートに引き込まれて閉塞した。閉塞までの間に推進薬がわずかにパイロ弁下流に入り込んだ。



パイロ弁の開動作不良による故障シナリオ



推進薬供給配管の閉塞による故障シナリオ

2. 原因究明状況

2-2. 故障シナリオ検討

2-2-1. パイロ弁の開動作不良

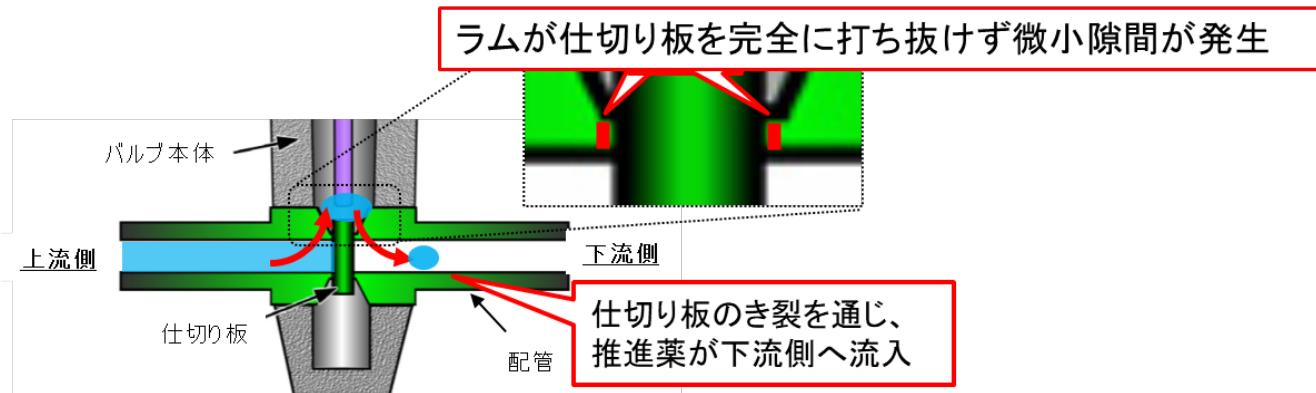
- 「パイロ弁の開動作不良」の故障シナリオ「PCA作動後にラムが仕切り板を完全に打ち抜けず、仕切り板に微小な隙間が発生してブースター燃焼ガスまたは推進薬がわずかにパイロ弁下流に入り込んだ」に関しては、以下に示す追加検証に基づく理由およびパイロ弁の製造・検査データが良好であることを確認したことにより、発生可能性はないと判断した。

- ✓ ブースター燃焼ガスが入り込んだケース

フライトデータで推薬弁#1開動作中に0.022MPaA保持(パイロ弁下流に数ccのヒドラジンが存在)したと整合しない。

- ✓ 推進薬がわずかに入り込んだケース

仕切り板の上下流両方に隙間が発生する場合、微小な隙間が発生する時間は数msオーダーであり、この作動時間内でパイロ弁下流に流出する推進薬量は0.001ccオーダーでありフライトデータ(区間Bの1分解能(0.011MPa)上昇と区間Cの0.022MPaA保持)と整合しない。



2. 原因究明状況

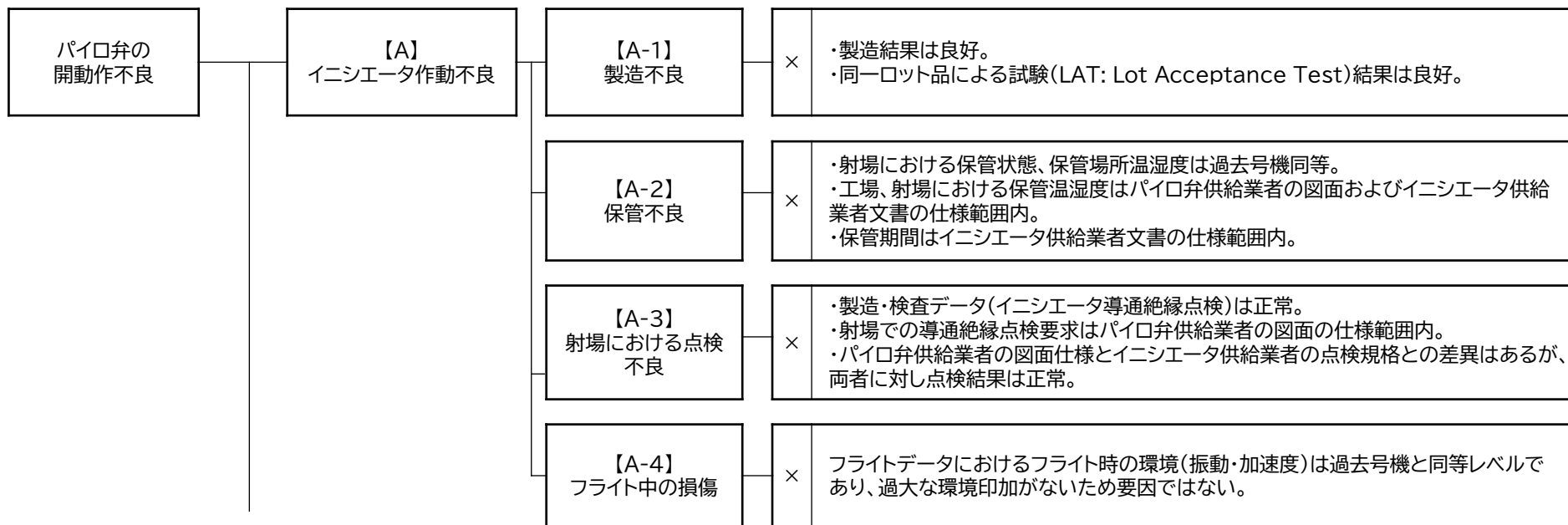
2-2. 故障シナリオ検討

2-2-1. パイロ弁の開動作不良

(a) FTA(1/2)

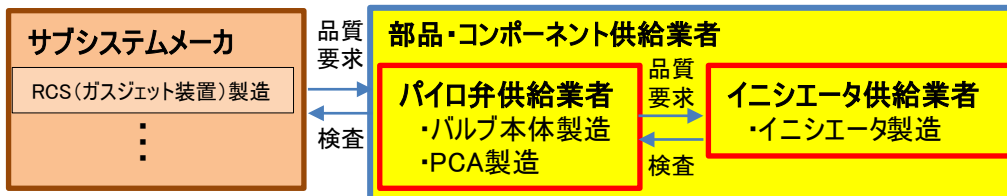
「パイロ弁の開動作不良」について、製造・検査データによりバルブ本体(ラム、仕切り板)作動不良は要因ではないことを確認した。

評価結果



(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

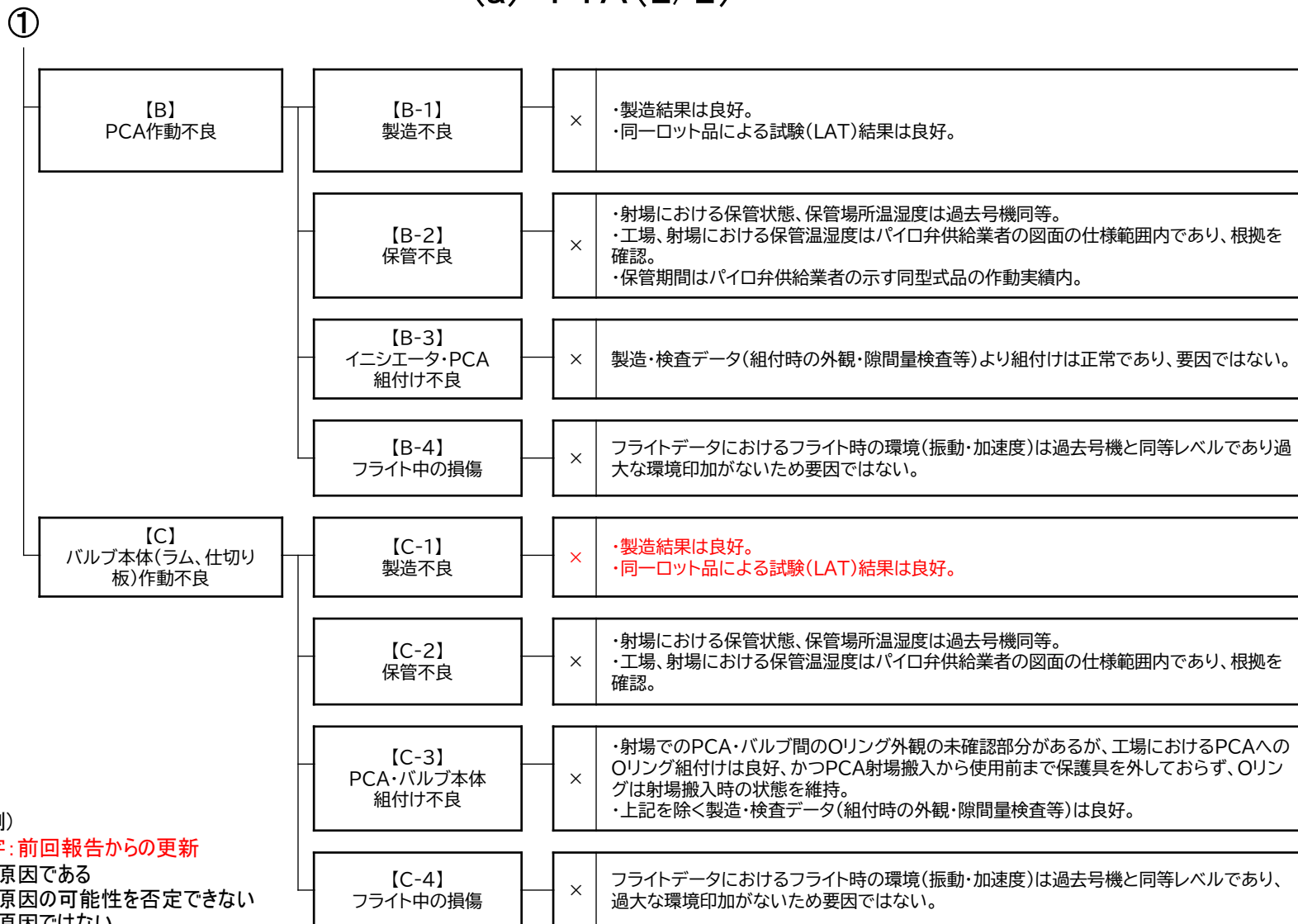
×: 原因ではない

2. 原因究明状況

2-2. 故障シナリオ検討

2-2-1. パイロ弁の開動作不良

(a) FTA(2/2)

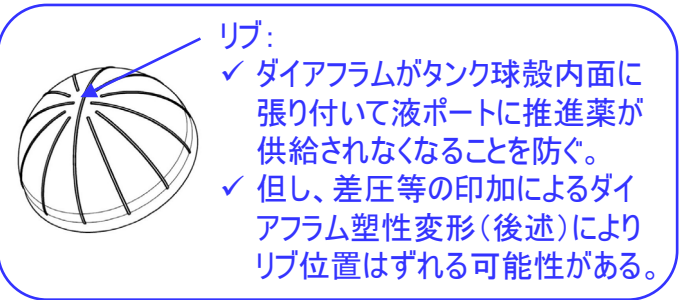
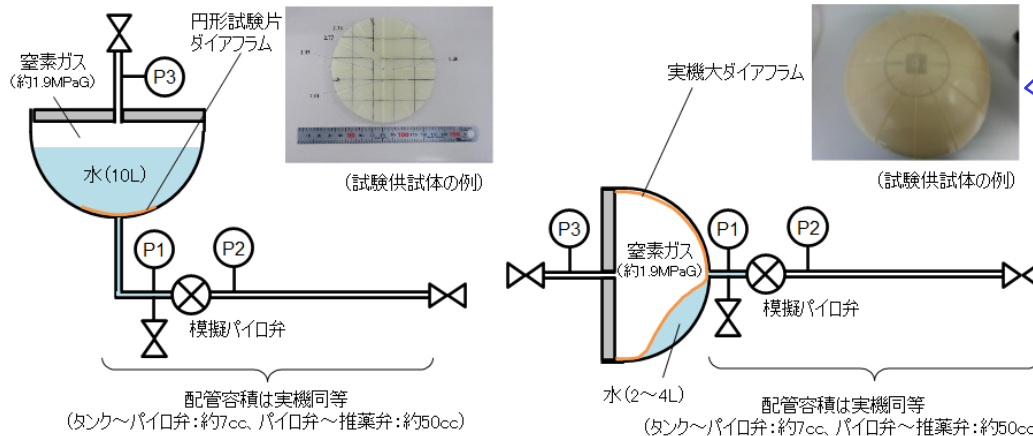


2. 原因究明状況

2-2. 故障シナリオ検討

2-2-2. 推進薬供給配管の閉塞

- ダイアフラムが液ポートに近接した状態でパイロ弁開動作したときのダイアフラム閉塞可能性を確認するための試験(閉塞確認試験)を実施した結果、閉塞するケースが確認された。



ケース1: 縦置き・試験片ダイアフラム(左図)

ケース2: 横置き・実機大ダイアフラム(右図)

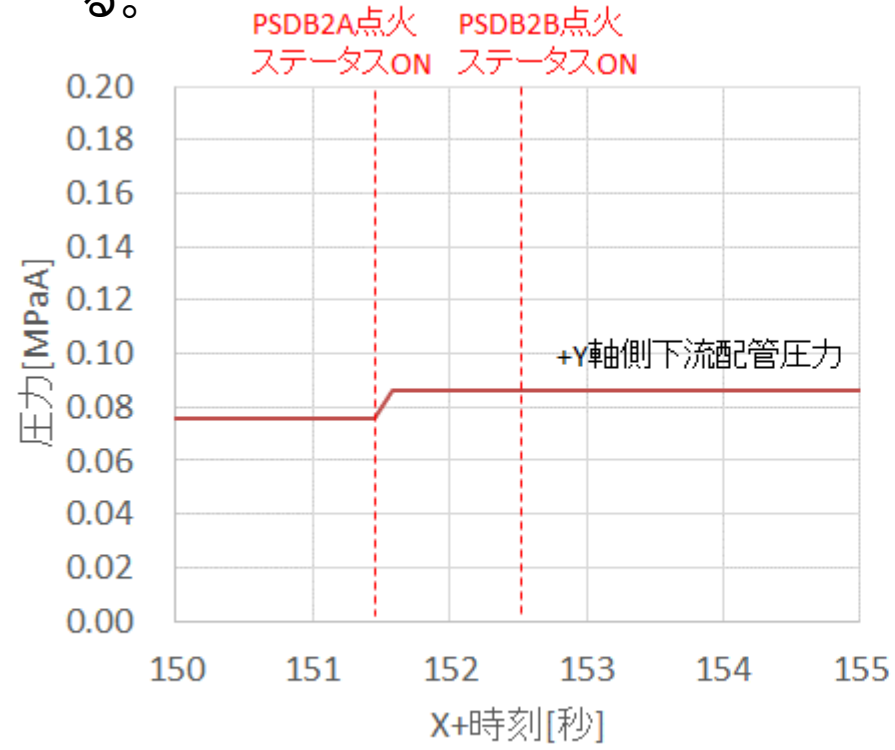
ケース	試験条件	試験結果	ダイアフラム差圧
1a	液ポート中心にリブあり	閉塞なし(模擬パイロ弁開後約3秒後に配管圧力がタンク圧力まで上昇)	約1.7MPa
1b	液ポート中心にリブなし	閉塞発生、配管圧力約0.01MPa上昇、配管より約3ccの水を採取	約1.9MPa
1c	液ポート中心にリブなし(約5mmずらして設置)	閉塞発生、配管圧力約0.015MPa上昇、配管より約4.5ccの水を採取(約3分経過後に試験片が破断し閉塞解消)	約1.9MPa
2a	水充填量4L、リブあり	閉塞なし(模擬パイロ弁開後約0.2秒後に配管圧力がタンク圧力まで上昇)	約1.7MPa
2b	水充填量3L、リブあり	閉塞発生、配管圧力約0.04MPa上昇、配管より約11ccの水を採取(模擬パイロ弁閉後に閉塞解消)	約1.9MPa
2c	水充填量3L、リブあり	閉塞なし(模擬パイロ弁開後約0.2秒後に配管圧力がタンク圧力まで上昇)	約1.7MPa
2d	水充填量2L、リブあり	一時的に閉塞発生、配管圧力約0.01MPa上昇(模擬パイロ弁開後約20秒後に配管圧力がタンク圧力まで上昇)	約1.9MPa

2. 原因究明状況

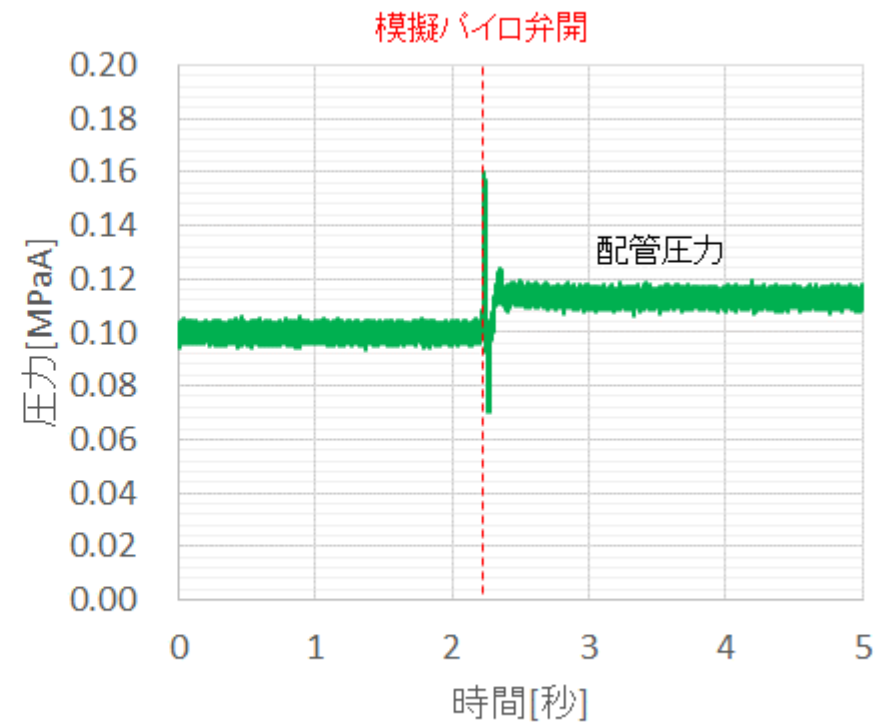
2-2. 故障シナリオ検討

2-2-2. 推進薬供給配管の閉塞

- 模擬パイロ弁開後の配管圧力上昇は区間Bのフライトデータと同等。また、配管から3~11ccの水が採取されたことは、フライトにおいてパイロ弁下流にヒドラジンが数cc流入したと考えられること、および実機のタンク出口ポート~パイロ弁の配管容積が7ccであることと整合する。
- したがって、「ダイアフラムによる閉塞」はパイロ弁下流配管圧力(フライトデータ)の挙動と整合する。



フライトデータ



試験結果

2. 原因究明状況

2-2. 故障シナリオ検討

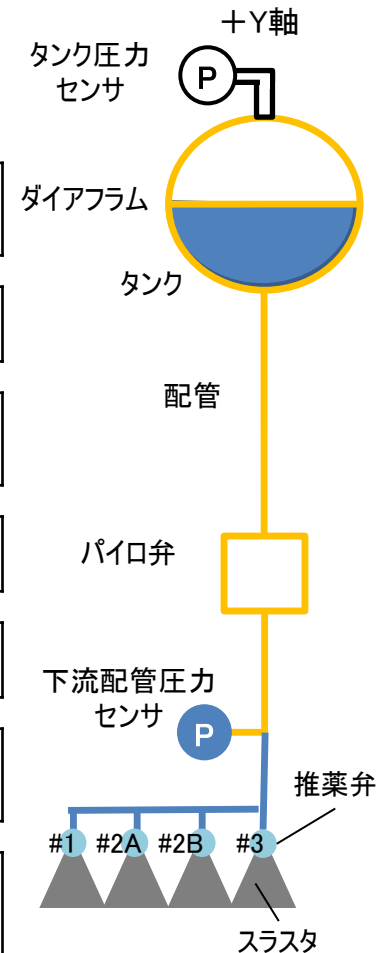
2-2-2. 推進薬供給配管の閉塞

FTA

「推進薬供給配管の閉塞」の要因を「ダイヤフラムによる閉塞」に絞り込んだ。

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	△ パイロ弁下流配管圧力(フライトデータ)の挙動と整合する。
	【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】 配管の氷結・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	× 図面(パイロ弁内部構造)と製造・検査データ(清浄度検査、非破壊検査)より、要因ではない。	



(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

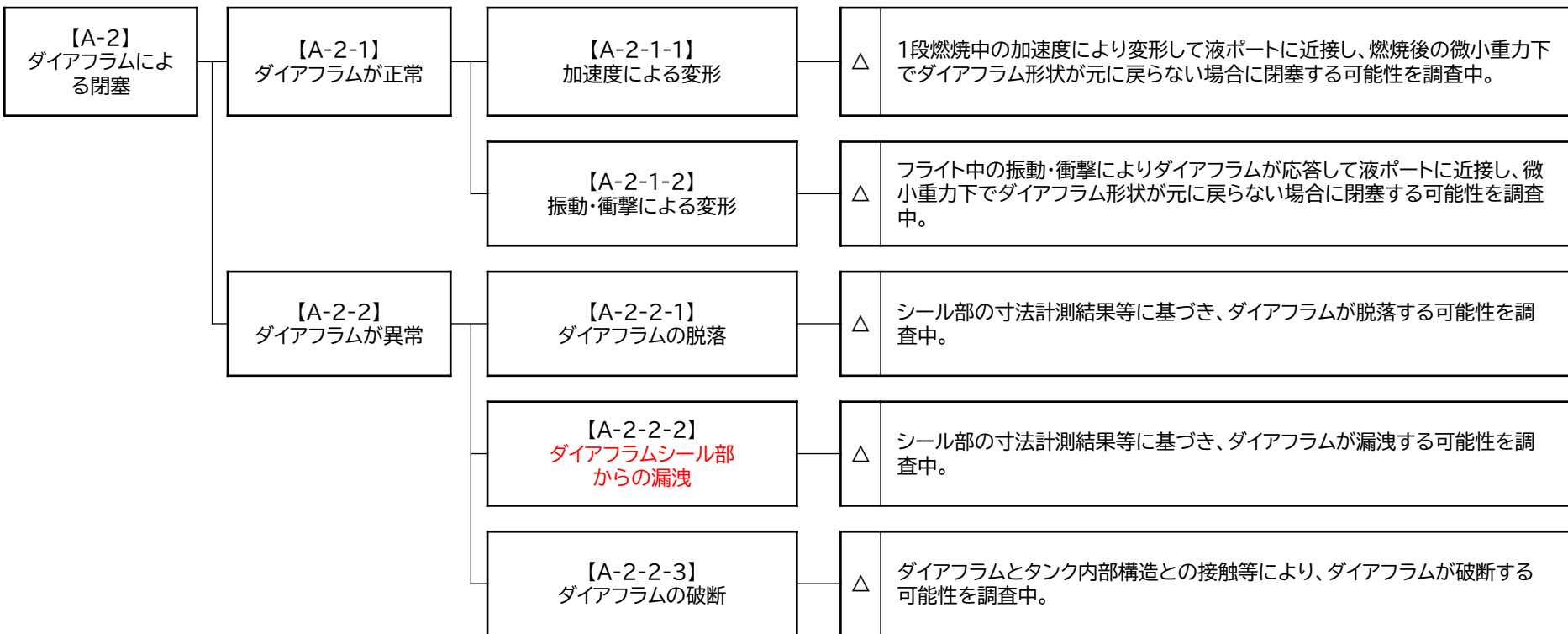
2. 原因究明状況

2-3. ダイアフラムによる閉塞

2-3-1. 詳細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・検査データに基づき絞り込みを実施し、追加検証による詳細分析を進めている。

評価結果



(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

2-3. ダイアフラムによる閉塞

2-3-2. 追加検証試験

- 「ダイアフラムによる閉塞」の発生可能性の見極めと要因の絞り込みのために実施した追加検証試験結果を下表に示す。

項目	結果
(a)閉塞確認試験	<ul style="list-style-type: none"> ①ダイアフラムが液ポートに近接している場合、模擬パイロ弁開後に閉塞が発生する。 ②その際に配管から採取した水は3～11cc程度。 ③差圧約1.9MPa印加で肉厚が最も薄いダイアフラムが破断したケースを除き、破断はない。
(b)漏洩模擬試験	<ul style="list-style-type: none"> ①漏洩した水は液側からガス側へ移動し、ダイアフラムが液側球殻に張り付く。
(c)開発供試体による追加検証 ・QTタンク※ ・△QTタンク※	<ul style="list-style-type: none"> ①ダイアフラムの組込み・溶接は正常で漏洩はない。 ②過去の試験でフライト環境の1.4倍の振動を印加したQTタンクのダイアフラムは健全である。 ③ヒドラジン未浸漬の差圧等を印可したダイアフラムは全て部分的に塑性変形している。 ④破壊圧まで印加して健全であったQTタンクの溶接幅データを取得した(追加評価中)。 ⑤水充填タンクの工場～射場を往復輸送後のダイアフラムは健全である(破断はない)。
(d)組込溶接検証試験	<ul style="list-style-type: none"> ①ダイアフラムの組込み・溶接は正常で漏洩はない。 ②ダイアフラムに傷・バリ跡等があってもダイアフラムの組込み・溶接が正常であれば漏洩はない。 ③ダイアフラムの組込み・溶接が正常であれば溶接時の入熱によるダイアフラムへの影響はない。 ④テストピース溶接とタンク溶接の相関データを取得した(追加評価中)。 ⑤気密試験においてダイアフラムが固定リング等に密着しシール部以外で気密を保持し得る。
(e)輸送模擬試験	<ul style="list-style-type: none"> ①ヒドラジン未浸漬のダイアフラムでは輸送中に発生する振動・衝撃による変形は弾性範囲である。
(f)シール性確認試験	実施中
(g)ヒドラジン浸漬試験	実施中

※ QT: Qualification Test (認定試験)

※ △QT: Delta Qualification Test (追加認定試験) 24

2. 原因究明状況

2-3. ダイアフラムによる閉塞

2-3-3. ダイアフラムが正常【A-2-1】に関する検討

「ダイアフラムが正常」について、これまでに確認された事項と今後確認が必要な事項を以下に示す。

■ 確認された事項

- ① ヒドラジン未浸漬のダイアフラムを装着したタンクに水を約9L充填した場合、1G環境下ではダイアフラムは液ポートから離れている【漏洩模擬試験】
- ② ヒドラジン未浸漬のダイアフラムでは輸送中に発生する振動・衝撃による変形は弾性範囲である【輸送模擬試験】
- ③ ヒドラジン未浸漬の差圧等を印可したダイアフラムでは全て部分的に塑性変形している【開発供試体による追加検証、組込溶接検証試験】

■ 今後確認が必要な事項

ヒドラジン浸漬の影響および加速度等によりダイアフラムが液ポートに近接するか。

- ① ヒドラジン浸漬後のダイアフラム特性データ(弾性率、永久伸び)取得
- ② ヒドラジン浸漬後のダイアフラムを使用した加速度印加・除荷時の挙動確認

2. 原因究明状況

2-3. ダイアフラムによる閉塞

2-3-4. ダイアフラムの脱落【A-2-2-1】に関する検討

「ダイアフラムの脱落」について、これまでに確認された事項と今後確認が必要な事項を以下に示す。

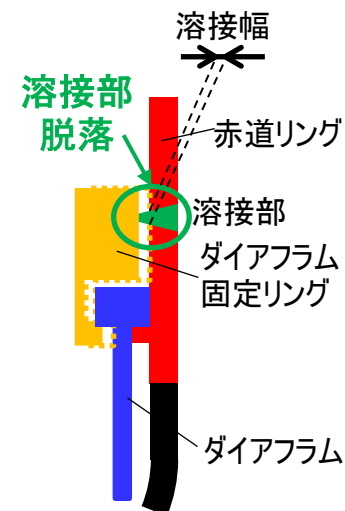
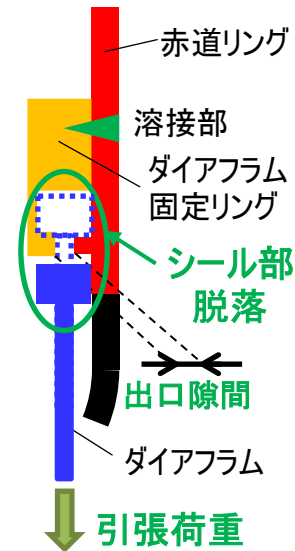
■ 確認された事項

- ① 赤道リングと固定リングに組み込まれたダイアフラムは、最大出口隙間と最大引張荷重においても脱落限界以下であるためダイアフラムシール部が脱落することはない。

■ 今後確認が必要な事項

固定リング溶接が直接検査できずテストピースを用いた工程保証であるため、以下を比較して固定リング溶接強度が十分で固定リング溶接部が脱落しないか。

- ① 6号機+Y軸側タンクのテストピース溶接の溶接幅
- ② 組込溶接検証試験供試体のテストピース溶接と固定リング溶接の溶接幅
- ③ QTタンクの固定リング溶接の溶接幅



2. 原因究明状況

2-3. ダイアフラムによる閉塞

2-3-5. ダイアフラムシール部からの漏洩【A-2-2-2】に関する検討

「ダイアフラムシール部からの漏洩」について、これまでに確認された事項と今後確認が必要な事項を以下に示す。

■ 確認された事項

- ① 開発供試体(QTタンク、△QTタンク)、組込溶接検証試験供試体はダイアフラムの組込み・溶接が正常で漏洩はない【開発供試体による追加検証、組込溶接検証試験】
- ② ダイアフラムの組込み・溶接が正常な場合、工程前後のシール部寸法変化は小さい【開発供試体による追加検証、組込溶接検証試験】
- ③ ダイアフラムに傷・バリ跡等があってもダイアフラムの組込み・溶接が正常であれば漏洩はない【開発供試体による追加検証、組込溶接検証試験】

■ 今後確認が必要な事項

6号機＋Y軸側タンクの製造結果評価等に基づき、ダイアフラムシール部からの漏洩が発生するか。

2. 原因究明状況

2-3. ダイアフラムによる閉塞

2-3-6. ダイアフラムの破断【A-2-2-3】に関する検討

「ダイアフラムの破断」について、これまでに確認された事項と今後確認が必要な事項を以下に示す。

■ 確認された事項

- ① 製造中にダイアフラムに印加される差圧に対して以下の理由により破断していない。
 - ✓ 出口ポート近傍に関しては、差圧が約1.9MPa程度が破断限界であると推定される（閉塞確認試験において、差圧約1.9MPa印加で肉厚が薄いダイアフラムのケースでのみ破断し、他ケースでは破断はなかった）。【閉塞確認試験】
 - ✓ 液側から差圧0.8MPa、気側から差圧0.4MPaを印加したQTタンクのダイアフラムは破断していない。【開発供試体による追加検証】
 - ✓ 6号機＋Y軸側タンクは、製造中に印加した最大差圧は約0.2MPaであるため破断に至る圧力は印加されていない。
- ② QTおよび△QTタンクのダイアフラムは過去にヒドラジン未浸漬でフライト振動の1.4倍を印加したが、破断していない。【開発供試体による追加検証】

■ 今後確認が必要な事項

9Lの水を充填して工場～射場の往復輸送を実施した△QTタンクのダイアフラムは破断していなかったが、破断に対して厳しい条件になっていたか。

【イプシロン6号機の原因究明について】

- ✓ 追加検証および製造・検査データの確認結果により「パイロ弁の開動作不良」は要因でないことを確認した。
- ✓ 「ダイヤフラムによる閉塞」に関し、追加検証結果により、+Y軸側パイロ弁下流配管圧力（フライトデータ）の挙動に対して以下が再現されることを確認した。
 - ① ダイヤフラムが液ポートに近接した場合、パイロ弁開動作時にダイヤフラムがタンク液ポートに引き込まれ、下流配管圧力が1分解能上昇して閉塞する。
 - ② 下流配管にヒドラジンが数cc流入した状態でスラスト部の推薬弁を開動作すると下流配管圧力が真空圧まで降下せず一定圧力を保持する。
- ✓ 上記により、要因および故障シナリオとして「ダイヤフラムによる閉塞」に絞り込んだ。

【今後の予定】

- ✓ 詳細要因である「ダイアフラムが正常」ケースと「ダイアフラムが異常」ケースに対して、原因の特定と故障シナリオの検討のために追加検証等を実施し、以下を確認する。
 - 「ダイアフラムが正常」ケースで、推進薬充填後のダイアフラムの変性や飛行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
 - 「ダイアフラムが異常」ケースで、脱落、シール部からの漏洩、破断が発生する可能性があるか

- ✓ 要因として絞り込まれたダイアフラムについては、詳細要因の特定結果に基づき、後継ロケット等への対策を反映し、さらに背後要因(間接的原因)の分析を行い、同様の事象が発生しないよう対策を講じる。