

イプシロンSロケット 第2段モータ再地上燃焼試験における燃焼異常 原因調査状況

令和6（2024）年12月25日

宇宙航空研究開発機構

理事 岡田 匡史

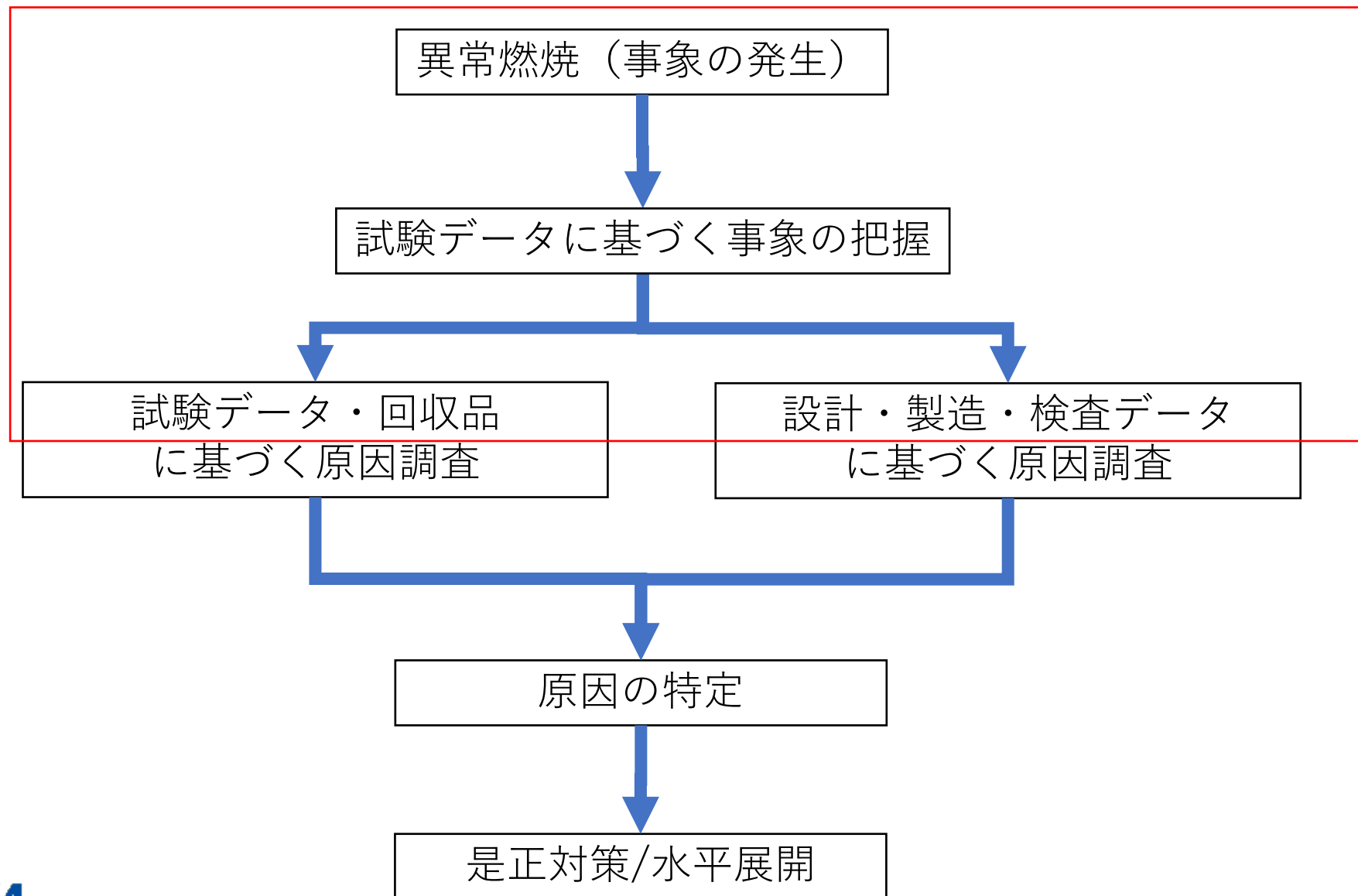
イプシロンロケットプロジェクトチーム プロジェクトマネージャ 井元 隆行

目次

- 0. 本日の報告内容
- 1. イプシロンSロケット概要
 - 1.1 イプシロンSロケット機体仕様
 - 1.2 イプシロンSロケット第2段モータ
- 2. 第2段モータ再地上燃焼試験
 - 2.1 第2段モータ再地上燃焼試験計画
 - 2.2 第2段モータ再地上燃焼試験結果
- 3. 原因調査状況
- 4. 設備損傷状況
- 5. 今後の計画

(参考) H3ロケットへの影響評価

0. 本日の報告内容（原因調査ステータス）



12/25時点のステータス
（事象の把握まで実施し
原因調査に着手）

0. 本日の報告内容（エクゼクティブサマリ）

■ 原因究明状況

- ・試験データ（圧力、画像、加速度、歪、温度）全体の確認結果に基づく評価の結果、以下事象を把握した。【2.2項】
 - ①点火後約17sから燃焼圧力の予測値との乖離が高い側に徐々に拡大
 - ②約48.9sで燃焼圧力が下降→燃焼ガスが後方でリークしたと判断
 - ③約49.3sで燃焼圧力が急激に下降→後方で爆発したと判断
- ・把握した事象を踏まえ、「点火後約17sから燃焼圧力の予測値との乖離が高い側に徐々に拡大」、「約48.9sで燃焼圧力が下降(ガスリーク)」および「約49.3sで燃焼圧力が急激に下降（爆発）」の3つをトップ事象としたFTAを展開し評価を開始した。【3項】
- ・試験データの詳細評価に加え、回収品の分析や設計・製造・検査データの詳細評価も実施中であり、FTAによる要因の絞り込みを進める。【5項】

■ 設備損傷状況

- ・設備の損傷状況について外観目視による調査は完了。【4項】
- ・今後、詳細調査を実施し、竹崎地燃で試験を実施する場合の試験設備復旧計画を検討する。【5項】

目次

- 0. 本日の報告内容
- 1. イプシロンSロケット概要
 - 1.1 イプシロンSロケット機体仕様
 - 1.2 イプシロンSロケット第2段モータ
- 2. 第2段モータ再地上燃焼試験
 - 2.1 第2段モータ再地上燃焼試験計画
 - 2.2 第2段モータ再地上燃焼試験結果
- 3. 原因調査状況
- 4. 設備損傷状況
- 5. 今後の計画

(参考) H3ロケットへの影響評価

1.1 イプシロンSロケット機体仕様



ロケットシステム		強化型		イプシロン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



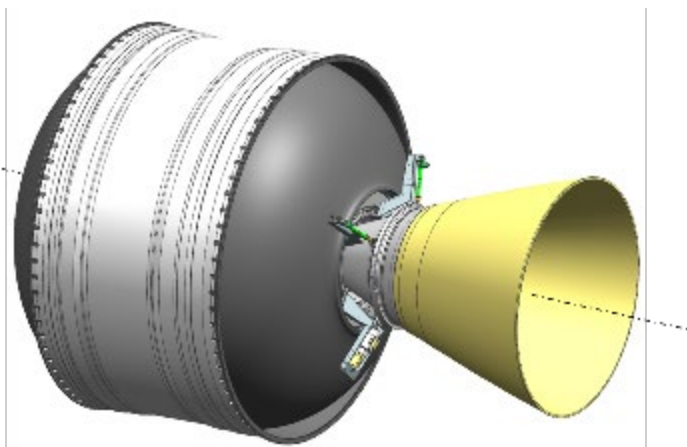
フェアリング
カプセル化

3段モータ大型化
3段TVC化

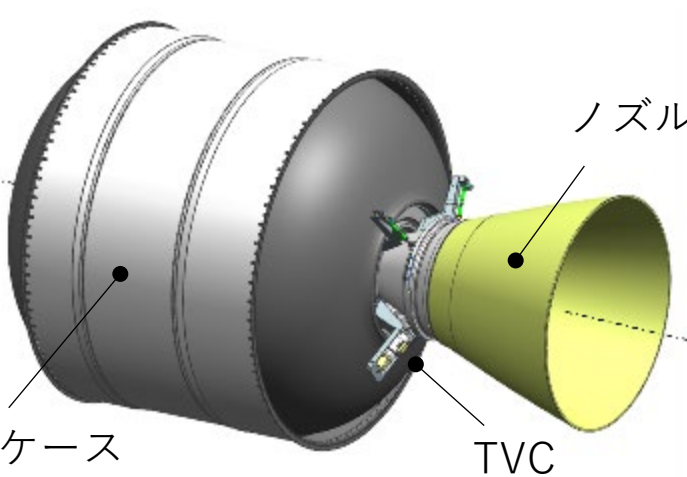
2段モータ大型化

SRB-3適用

1.2 イプシロンSロケット 第2段モータ



強化型 第2段モータ



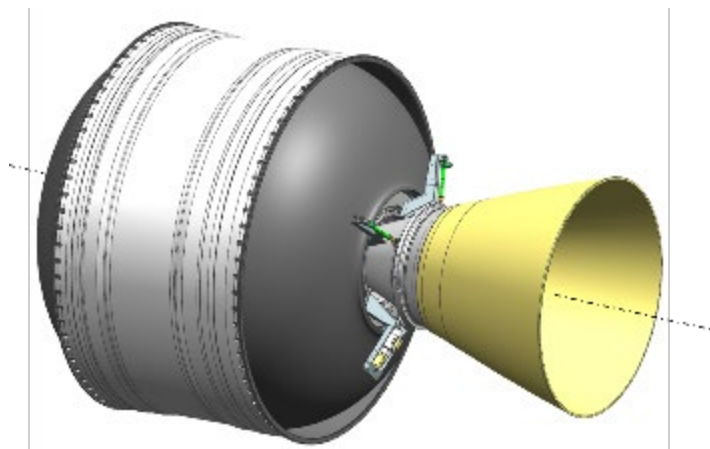
イプシロンS 第2段モータ

- 強化型第2段モータをベースに高性能・高信頼性・低コスト化を追求
- 打上げ能力向上を目的に推力増／推進薬量増（強化型第2段モータをサイズアップ）及びモータケースの軽量化

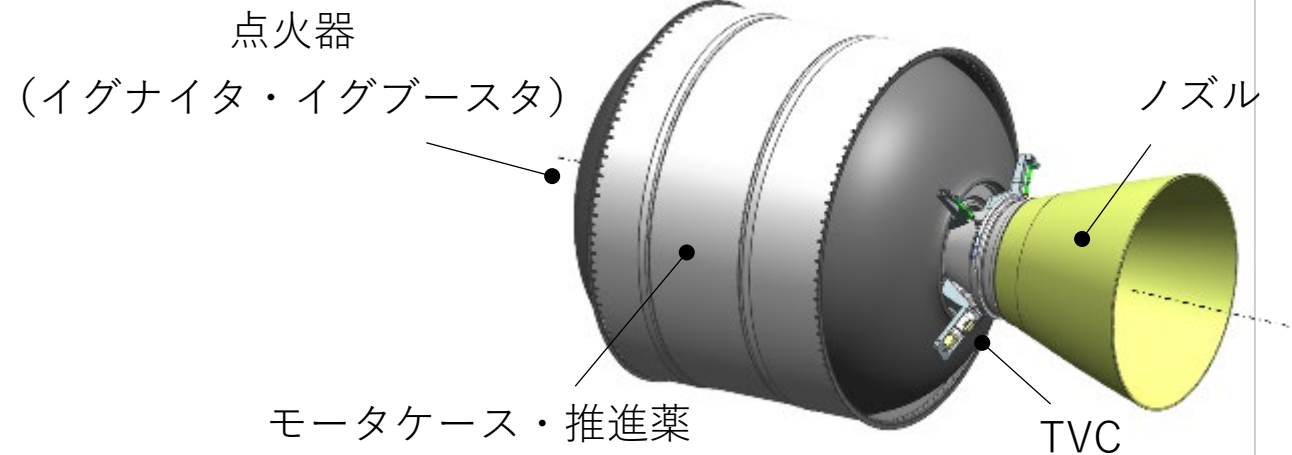
項目	強化型 第2段モータ	イプシロンS 第2段モータ
固体推進薬	コンポジット推進薬	コンポジット推進薬
真空中推力	約470 kN	約610 kN
性能 (Isp)	295 s	294.5 s
固体推進薬量	約15 ton	約18 ton
全長	4.0 m	4.3 m
直径	φ 2.5m	φ 2.5m
燃焼時間	130 s	約120 s
ノズル駆動方式	TVC	TVC

TVC: Thrust Vector Control（推力方向制御）

1.2 イプシロンSロケット 第2段モータ



強化型 第2段モータ (M-35)



イプシロンS 第2段モータ (E-21)

TVC: Thrust Vector Control (推力方向制御)

	イグブースタ	イグナイタ	モータケース	推進薬	ノズル	TVC
強化型 第2段モータ (M-35)	—	CFRPケース 推進薬は主 モータと同一	CFRPケース 設計圧力：5.88MPa	コンポジット推進薬 薬量：15ton	—	—
イプシロンS 第2段モータ (E-21)	M-35品に熔融 対策追加（能代 地燃事故対策）	金属ケース M-35から推進 薬量増	CFRPケース 設計圧力：8.0MPa M-35から推進薬量増／ 圧力増のため機軸長さ増／ケース 板厚増	コンポジット推進薬 薬量：18ton 材料枯渇のためM- 35推進薬材料の一部 を変更	M-35より剛 性増 形状はM-35 踏襲	イプシロンSは第3 段モータと共通仕 様とし新規開発

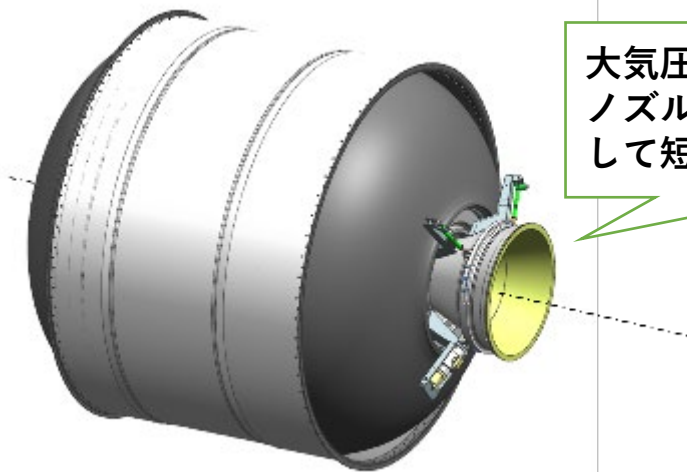
目次

- 0. 本日の報告内容
- 1. イプシロンSロケット概要
 - 1.1 イプシロンSロケット機体仕様
 - 1.2 イプシロンSロケット第2段モータ
- 2. 第2段モータ再地上燃焼試験
 - 2.1 第2段モータ再地上燃焼試験計画
 - 2.2 第2段モータ再地上燃焼試験結果
- 3. 原因調査状況
- 4. 設備損傷状況
- 5. 今後の計画

(参考) H3ロケットへの影響評価

2.1 第2段モータ再地上燃焼試験計画

- 試験目的 : 以下の技術データを取得し、**2023年7月に発生した地上燃焼試験の燃焼異常の対策を含めた第2段モータの設計妥当性を検証**する。
- 検証項目 : ①モータ着火・燃焼・推進特性、②断熱材設計の妥当性、③TVCシステム機能・性能
④2023年7月に発生した地上燃焼試験の燃焼異常の対策の妥当性の検証
- 試験場所 : 種子島宇宙センター竹崎地上燃焼試験場
- 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200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 (イプシロンS実機)	燃焼試験仕様 (短ノズル型)
固体推進薬	コンポジット推進薬	コンポジット推進薬
真空中推力	約610 kN	約560 kN
性能 (Isp)	294.5 s	267.3s
固体推進薬量	約18 ton	約18 ton
全長	4.3 m	3.2 m
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

2.2 第2段モータ再地上燃焼試験結果（実施状況）

■ 実施状況

- ・ 点火日時：2024年11月26日08時30分
- ・ 発生時刻：点火後約49秒（計画燃焼秒時：約120秒）
- ・ 発生事象：第2段モータの燃焼異常

■ 被害状況

- ・ 警戒区域を設定し安全を確保しており、人的被害および第三者物的損害はなし。
- ・ JAXA設備の被害状況について、スタンド設備の損傷、周辺設備（扉等）の破損等。



第2段モータ

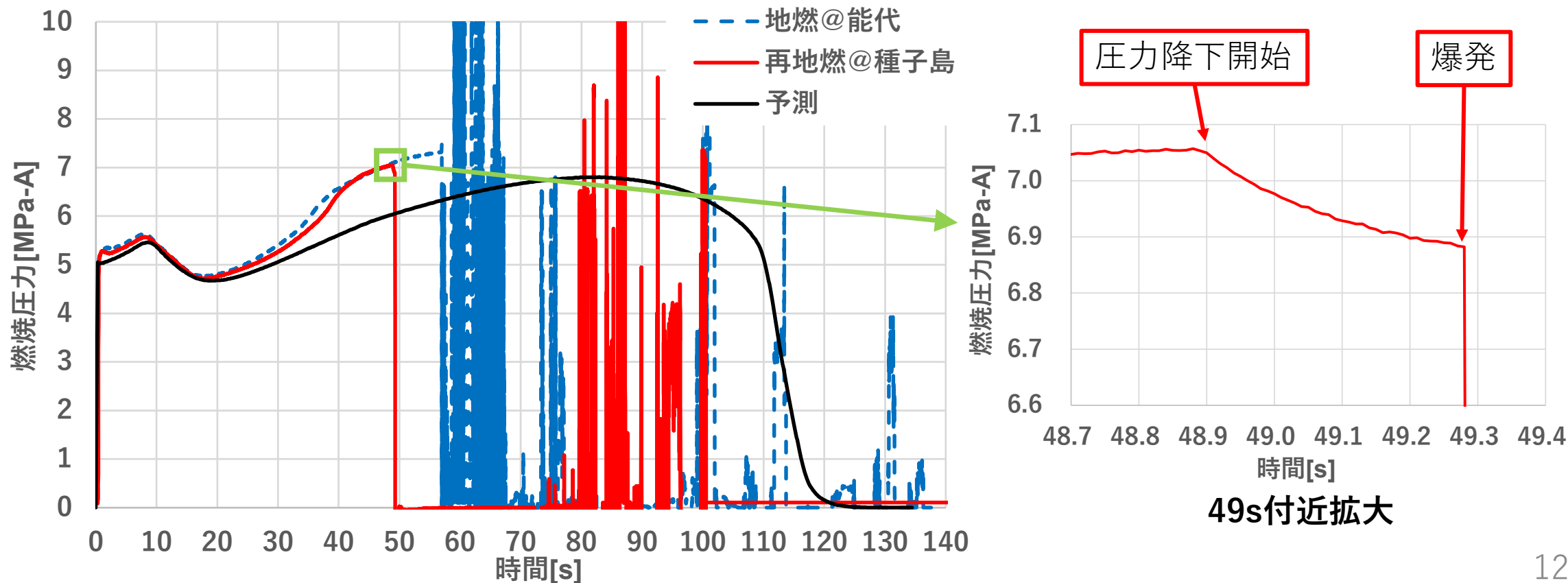
スタンドへのセット状況

2.2 第2段モータ再地上燃焼試験結果（試験データ）

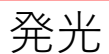
■ 計測項目は全体確認済み。確認結果に基づいて把握した事象について示す。

【燃焼圧力データ】

- ・ 点火後約17sから燃焼圧力の予測値との乖離が高い側に徐々に拡大。
- ・ 点火後約48.9sの時点で約7MPaに達したあと圧力が下降し、約49.3sで圧力が急激に下降（爆発）。
（燃焼圧力は最大使用圧力（8.0MPa）及び保証耐圧試験の圧力（8.8MPa）以下）



49.1 s



2.2 第2段モータ再地上燃焼試験結果（画像）

【爆発時画像（前方から）】 ※時刻情報はなし



飛散物・
燃焼ガス

前方・平行部
変化なし

2.2 第2段モータ再地上燃焼試験結果（画像）

【爆発時画像（竹崎局付近よりJAXA撮影）】 ※本画像を11/26(火)19:50にメディアへも提供済み

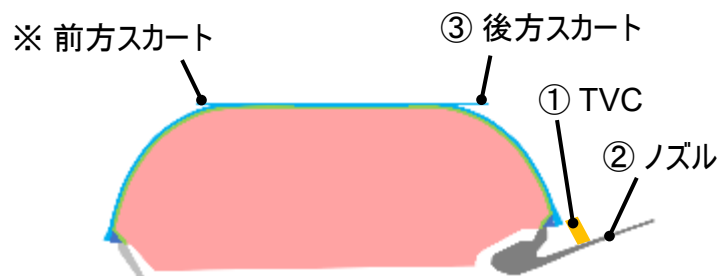


2.2 第2段モータ再地上燃焼試験結果（試験データ）

- 約48.9s時点の圧力下降と画像データから燃焼ガスがリークしていると判断した。
- 加速度・歪は事象発生箇所近傍から変動すること、及び、画像データから燃焼ガスリークと爆発はモータ後方で発生したと判断した。

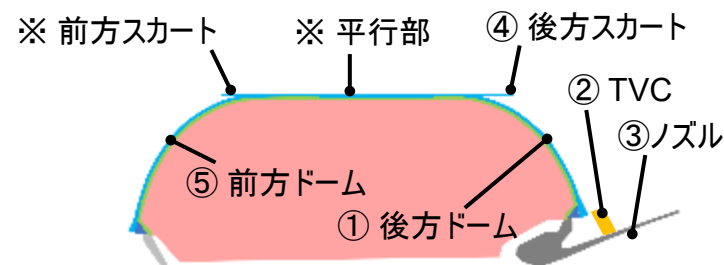
【加速度・歪データ】

- ・ 約48.9sの加速度と歪は後方から変動している。



48.9s付近の加速度変動順

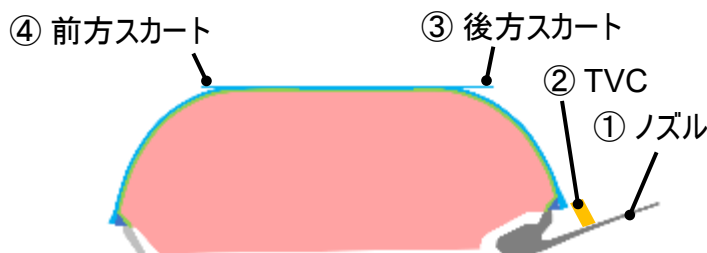
※ 有意な変動なし



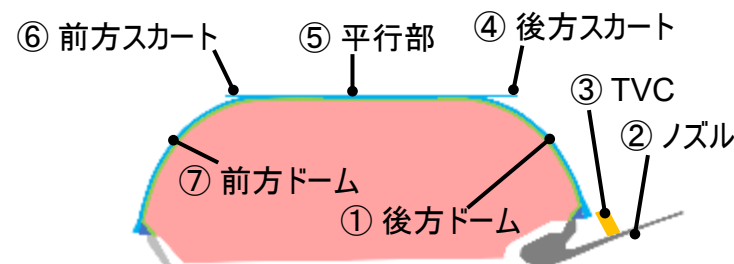
48.9s付近の歪変動順

※ 有意な変動なし

- ・ 約49.3sの加速度と歪は後方から変動（断線等）している。



49.3s付近の加速度変動順



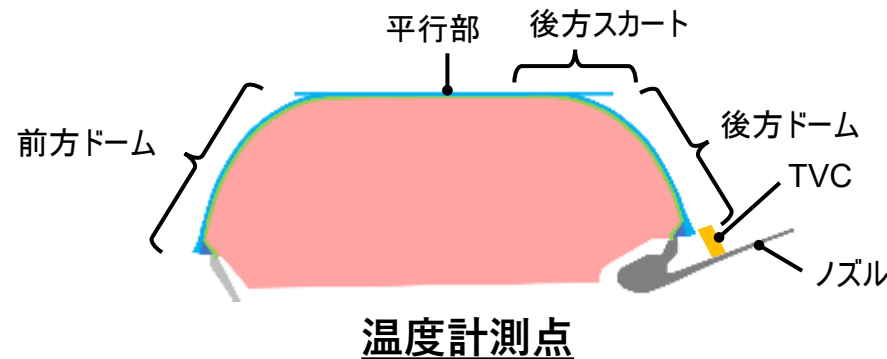
49.3s付近の歪変動順

2.2 第2段モータ再地上燃焼試験結果（試験データ）

【温度データ】

- 約48.9sまでの供試体各部の温度履歴は以下の通り。
 - 後方（後方ドーム・TVC・ノズル）は、1～5℃程度昇温し、最大約19℃。
 - 前方（後方スカート・平行部・前方ドーム）は、0～2℃程度昇温し、最大約15℃。
- 約48.9s以降の温度変化は以下の通り、後方で温度変化が大きい。
 - 後方で0～7℃程度上昇し、最大約22℃。
 - 前方で0～0.2℃程度上昇し、最大約15℃。

※ 試験時の外気温：21.9℃

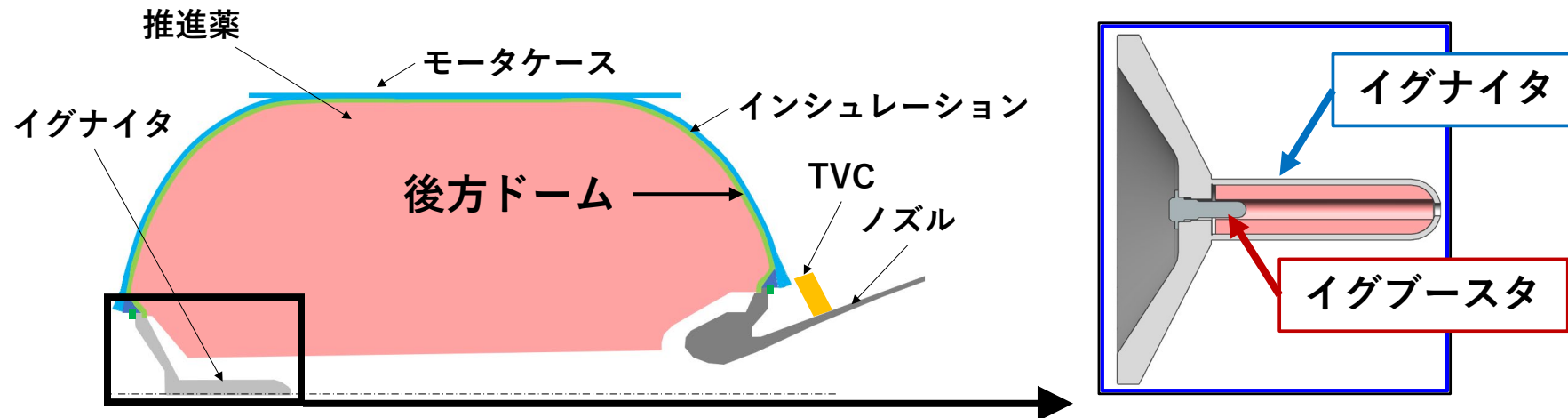


※ 温度は10Hz（0.1秒ごと）の計測であるため短時間の事象を正しく捉えられていない可能性あり

2.2 第2段モータ再地上燃焼試験結果（回収物）

- 地上に飛散した供試体は回収完了。海中の供試体の一部を回収した。
- 海中の回収作業を継続中。
- 回収品は工場に輸送済み。原因調査のため分析中。
- イグナイタ・イグブースタについては、溶融していないことを確認。

第2段モータ概略図



目次

- 0. 本日の報告内容
- 1. イプシロンSロケット概要
 - 1.1 イプシロンSロケット機体仕様
 - 1.2 イプシロンSロケット第2段モータ
- 2. 第2段モータ再地上燃焼試験
 - 2.1 第2段モータ再地上燃焼試験計画
 - 2.2 第2段モータ再地上燃焼試験結果
- 3. 原因調査状況
- 4. 設備損傷状況
- 5. 今後の計画

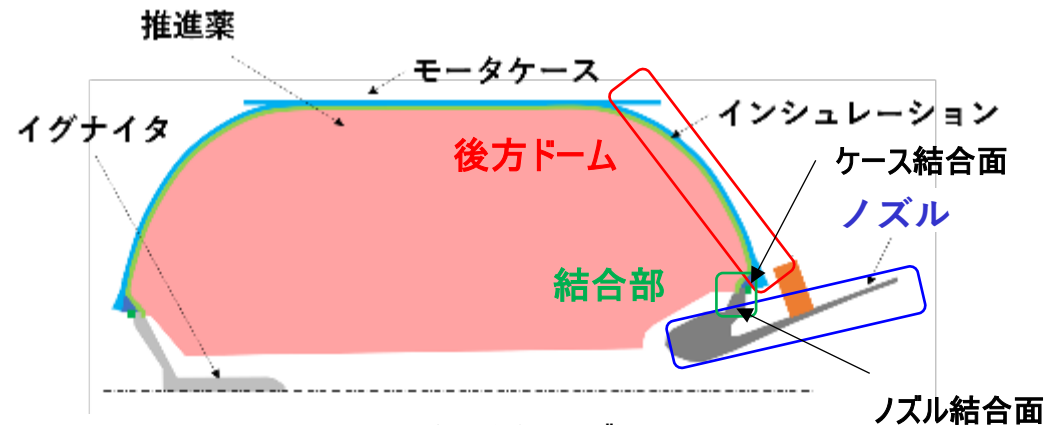
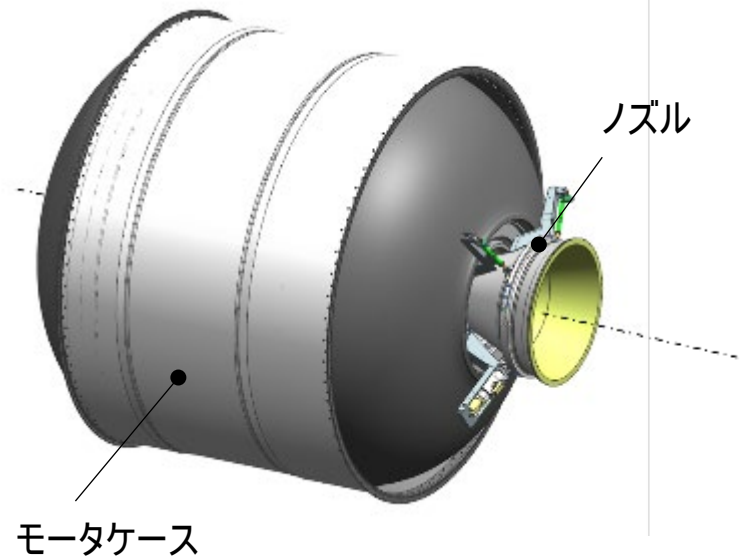
(参考) H3ロケットへの影響評価

3. 原因調査状況 (FTA)

- あらゆる可能性を考慮し原因調査を進めるため、試験データに基づいた事象の把握の中で抽出した3つの特記事項について、それぞれをトップ事象としてFTAを展開した。

- ① 点火後約17sから燃焼圧力の予測値との乖離が高い側に徐々に拡大
- ② 約48.9sで燃焼圧力が下降(ガスリーク)
- ③ 約49.3sで燃焼圧力が急激に下降 (爆発)

- 試験データ・回収品の分析に加え、設計・製造・検査データの分析も実施して、要因を絞り込む。



モータ断面 (イメージ)

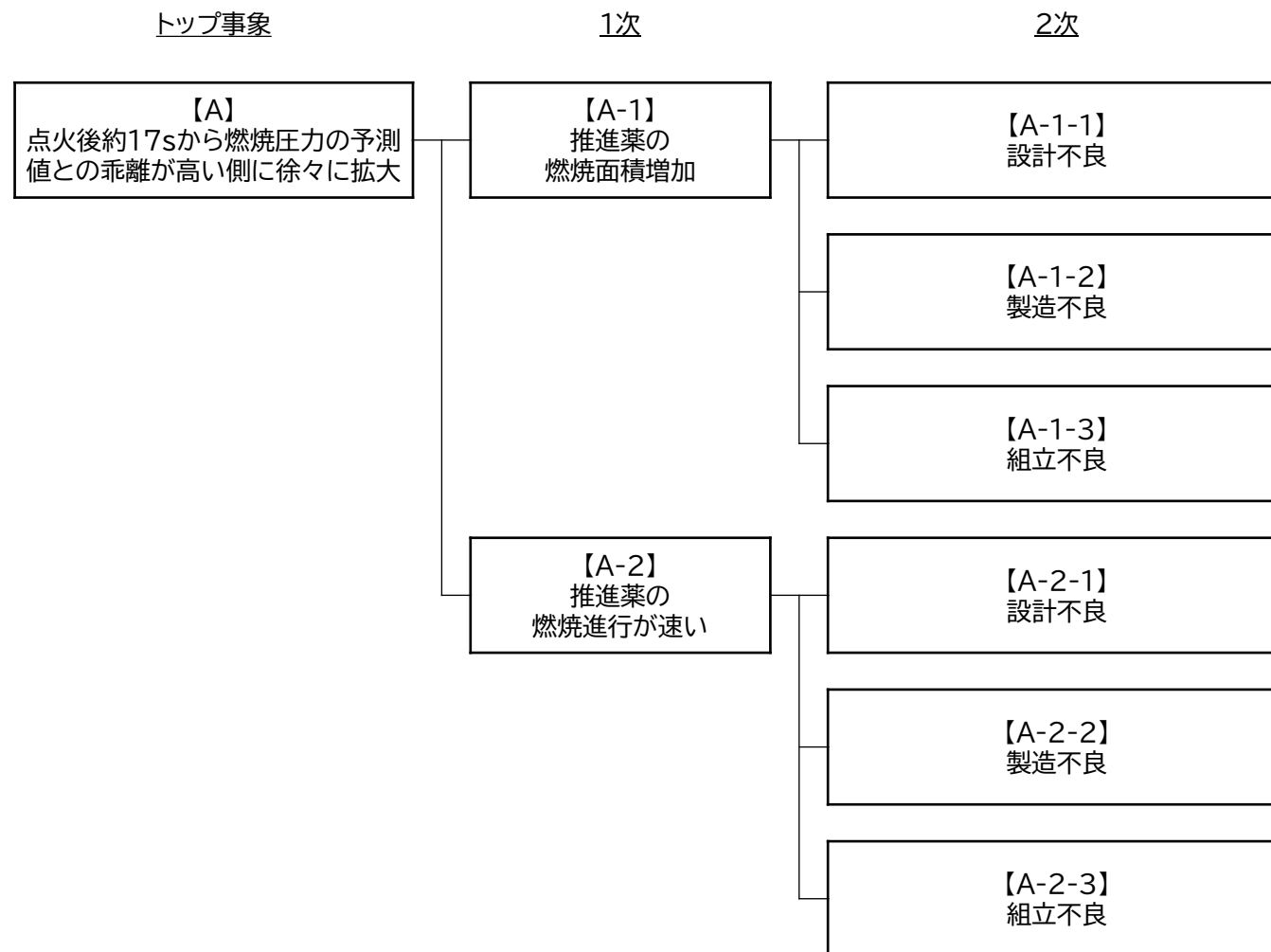
※ 赤: モータケース

※ 緑: ケース・ノズル結合部

※ 青: ノズル

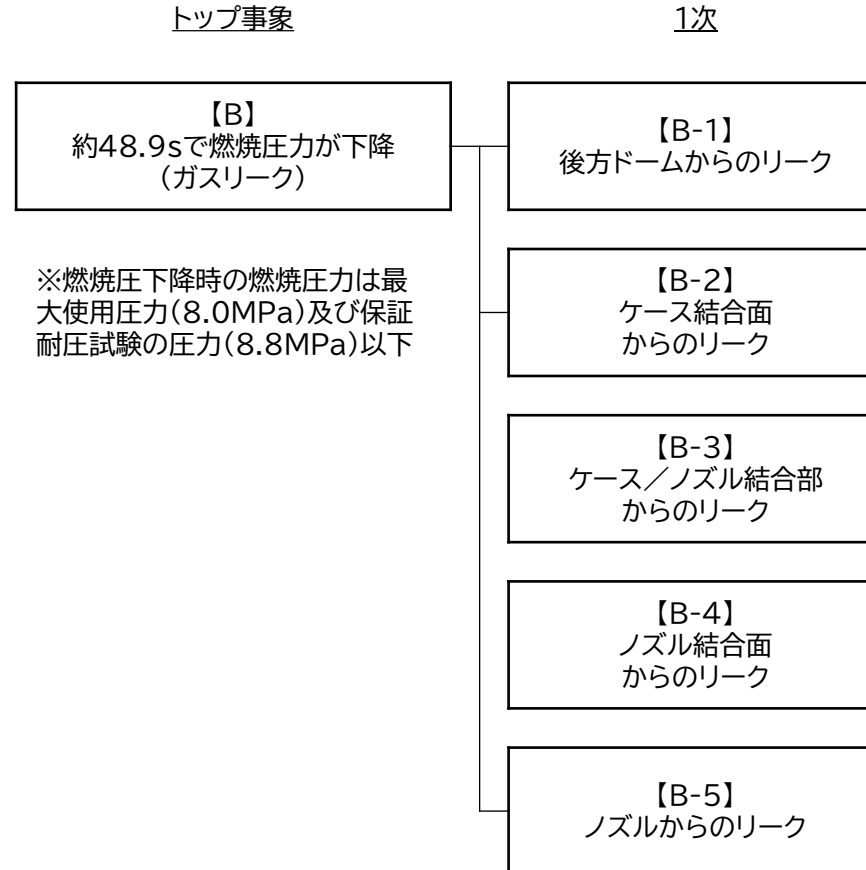
3. 原因調査状況（FTA）

- 「点火後約17sから燃焼圧力の予測値との乖離が高い側に徐々に拡大」に係るFTA



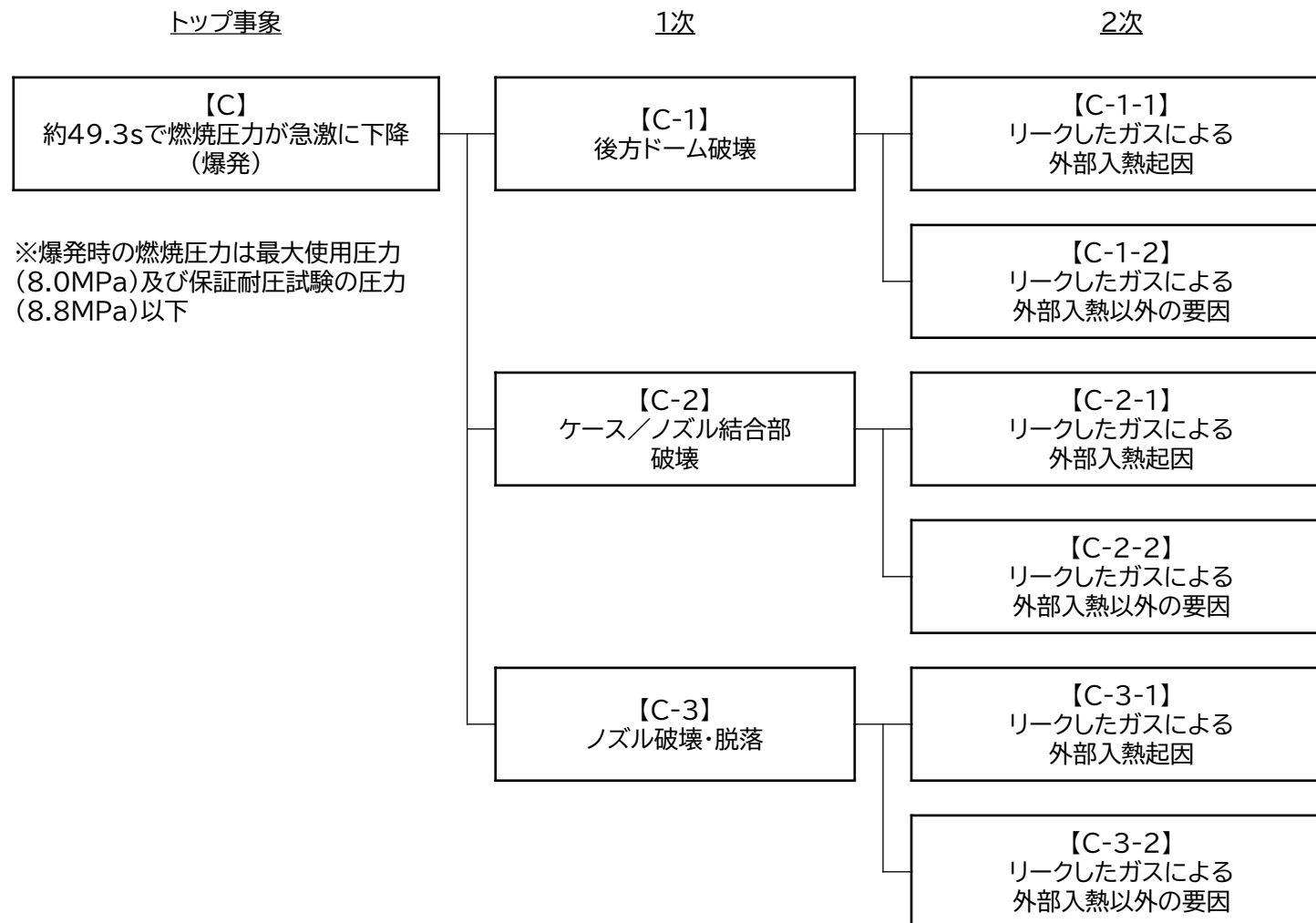
3. 原因調査状況（FTA）

■ 「約48.9sで燃焼圧力が下降（ガスリーク）」に係るFTA



3. 原因調査状況 (FTA)

■ 「約49.3sで燃焼圧力が急激に下降 (爆発)」 に係るFTA



目次

- 0. 本日の報告内容
- 1. イプシロンSロケット概要
 - 1.1 イプシロンSロケット機体仕様
 - 1.2 イプシロンSロケット第2段モータ
- 2. 第2段モータ再地上燃焼試験
 - 2.1 第2段モータ再地上燃焼試験計画
 - 2.2 第2段モータ再地上燃焼試験結果
- 3. 原因調査状況
- 4. 設備損傷状況
- 5. 今後の計画

(参考) H3ロケットへの影響評価

4. 設備損傷状況

【設備損傷状況】

後部横推力受台（門型治具）が焼損

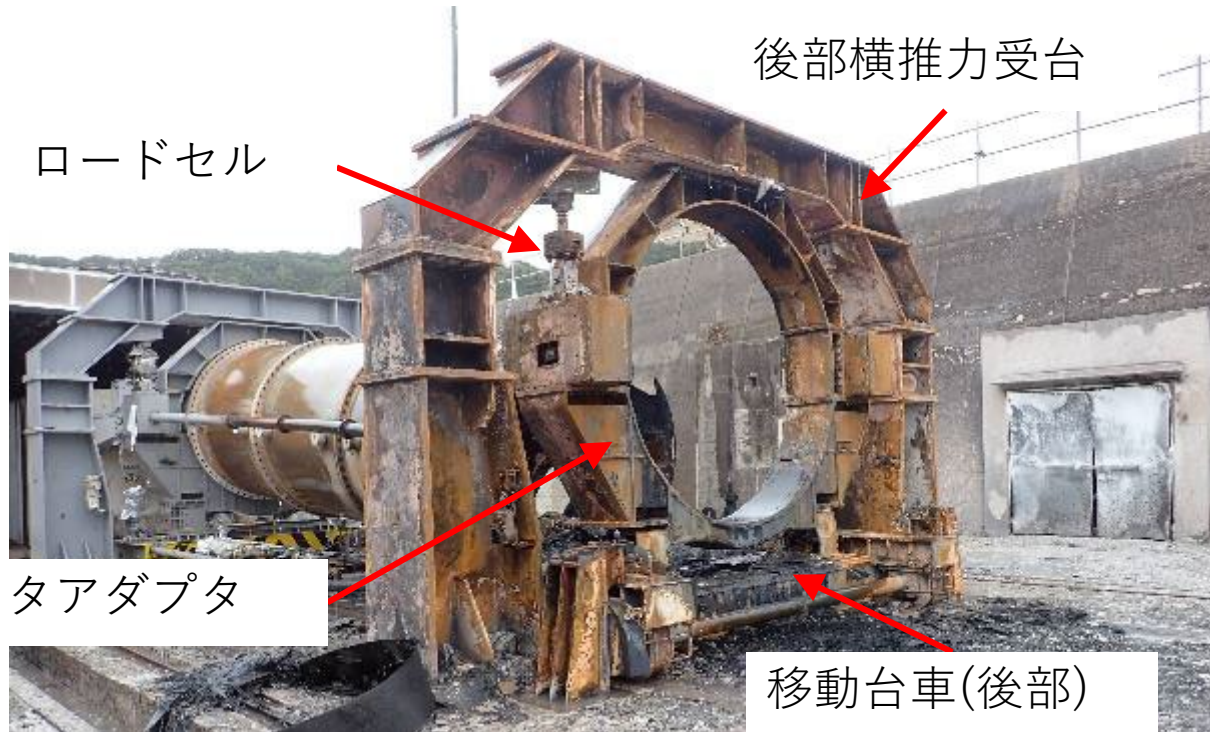


4. 設備損傷状況

■ 設備損傷状況

- ・被害はスタンド内部に集中しており、供試体が設置されていた海側の損傷が顕著。
- ・今後詳細確認が必要であるが、設備復旧の律速になる設備は下記。

後部横推力受台、後部モータアダプタ、移動台車(後部)、ロードセル 等



試験前



試験後

目次

- 0. 本日の報告内容
- 1. イプシロンSロケット概要
 - 1.1 イプシロンSロケット機体仕様
 - 1.2 イプシロンSロケット第2段モータ
- 2. 第2段モータ再地上燃焼試験
 - 2.1 第2段モータ再地上燃焼試験計画
 - 2.2 第2段モータ再地上燃焼試験結果
- 3. 原因調査状況
- 4. 設備損傷状況
- 5. 今後の計画

(参考) H3ロケットへの影響評価

5. 今後の計画

【当面の計画】

1. あらゆる可能性を考慮しつつ、展開した3つのFTAに対して、試験データ、回収破片、設計・製造・検査データの詳細評価による絞り込みを進める。原因の更なる絞り込みのため、解析と試験の追加実施を検討する。
2. 設備損傷状況の確認結果を踏まえ、竹崎地燃で試験を実施する場合の試験設備復旧計画を検討する。
3. 試験データ、回収破片、設計・製造・検査データの詳細評価が一通り取り纏められる時期として2025年2月を目標に進捗報告を行う。

【イプシロンSロケットの今年度打上げ】

イプシロンSロケット開発を完了するためには第2段モータの地上燃焼試験による検証は必須であり、原因調査結果を反映した地燃用モータの製作、試験設備の復旧、再々地燃とその結果を踏まえたフライト用モータの製作に要する期間を考慮すると今年度中の打上げは技術的に不可能であることをJAXAとして正式に確認した。

5. 今後の計画

【原因調査体制】

- 「イプシロンSロケット第2段モータ再地上燃焼試験における燃焼異常に係る原因調査チーム」
(11月26日付設置) において原因調査及び対策検討を実施中。

原因調査チーム

チーム長 : 宇宙輸送技術部門長／理事 岡田 匡史
副チーム長 : 経営担当理事 佐藤 寿晃
構成員 : 理事、理事補佐

原因調査班

原因調査チームの下、データ収集・分析、原因の特定、是正対策、
水平展開等を実施

班長 : 宇宙輸送技術統括 藤田 猛
班長代理 : 事業推進部長 森 有司
構成員 :

イプシロンプロジェクトマネージャ 井元 隆行
イプシロンプロジェクト
宇宙輸送系基盤開発ユニット
宇宙科学研究所
H3プロジェクトチーム
鹿児島宇宙センター
研究開発部門
S&MA総括
安全・信頼性推進部
輸送系独立評価チーム
外部有識者

連携

(株)IHIエアロスペース
対策本部
(11月26日付設置)

固体推進系等に関わる専門家が参加

(参考) H3ロケットへの影響評価

- H3ロケットへの影響評価について、イプシロンSロケット第2段モータ再地上燃焼試験における燃焼異常の原因調査中の状況を踏まえつつ、SRB-3とE-21の設計の違いやSRB-3の製造データ等からSRB-3をフライトへ供するにあたっての懸念事項は無いと判断している。
- 本評価については、2024年12月11日付で「H3ロケット5号機による「みちびき6号機」（準天頂衛星）の打上げ」の別紙としてプレスリリースを発出済みである。

別紙

イプシロンSロケット第2段モータ地上燃焼試験における燃焼異常の H3ロケットへの影響評価

イプシロンSロケット第2段モータ（以下、E-21）再地上燃焼試験における燃焼異常を踏まえ、E-21と同じく固体モータであるH3ロケット用固体ロケットブースタ（SRB-3）について影響を評価いたしました。

SRB-3はモータ設計がE-21とは異なりますが、一部の共通点（イグブースタと材料の一部）を含めて、これまでの地上燃焼試験等の開発結果および4号機までの飛行結果を再評価し、SRB-3としての設計がいずれも良好に検証されていることをあらためて確認いたしました。また、H3ロケット5号機用として製造したSRB-3の検査データに特異なものが無いことも再確認しております。

これらの確認結果から、SRB-3をフライトへ供するにあたっての懸念事項は無いと判断しております。