



資料49-1  
科学技術・学術審議会  
研究計画・評価分科会  
宇宙開発利用部会  
調査・安全小委員会  
(第49回) 2023.7.31

# H3ロケット試験機1号機 打上げ失敗原因調査状況

2023年7月31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

H3プロジェクトチーム プロジェクトマネージャ 岡田匡史

# 目次

## 0. 本日の報告内容

### 1. H3ロケット試験機1号機 概要(再掲)

1-1 打上げ結果概要(再掲)

1-2 機体諸元(再掲)

1-3 打上げ結果(再掲)

1-4 発生事象の内容(再掲)

### 2. 原因究明と対策検討の状況

2-1 FTA

2-2 各シナリオの検討状況のまとめ

2-3 H3固有シナリオの検討状況

2-4 H3固有シナリオの網羅性の確認

2-5 時系列の詳細検討

2-6 試験結果

2-6-1 下流機器(PNP、エキサイタ)の過電圧試験(H3固有シナリオNo.1)

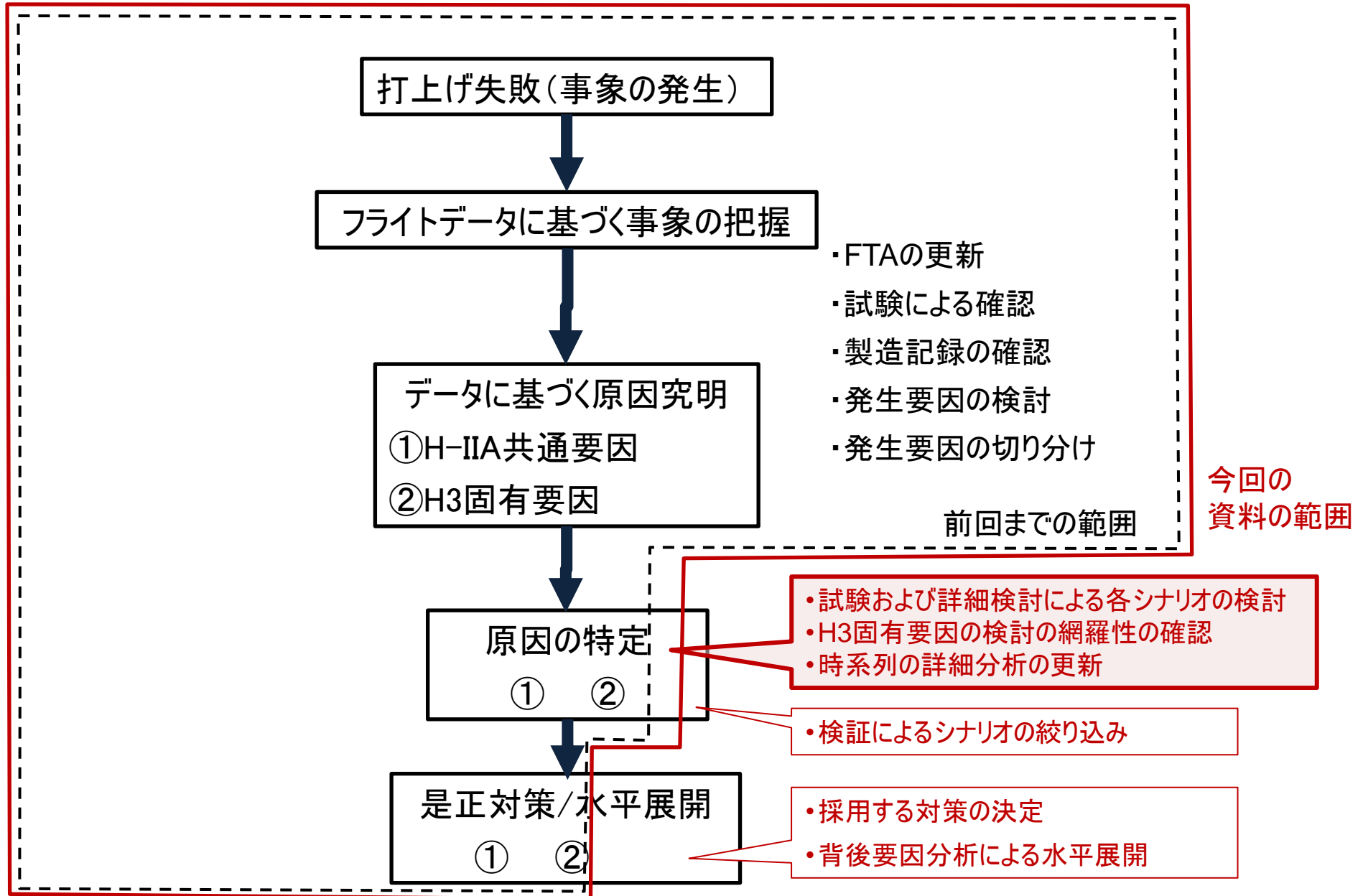
2-6-2 定電圧ダイオードの過電圧試験(H3固有シナリオNo.2)

2-6-3 実機大1/2段分離試験

### 3. まとめと今後の進め方

## 参考資料

# 0. 本日の報告内容



# 原因究明体制(再掲)

## H3ロケット試験機1号機対策本部

本部長 : 理事長 山川 宏  
本部長代理: 副理事長 鈴木 和弘  
本部員 : 理事、理事補佐等

## 原因究明チーム

- H3ロケット試験機1号機対策本部の下、データ収集・分析、原因の特定、是正対策、水平展開を実施

チームリーダー : 理事 布野 泰広  
チームリーダー代理: 宇宙輸送技術統括 藤田 猛  
事業推進部長 佐藤 寿晃

チームメンバー:

H3プロジェクトチーム プロジェクトマネージャ 岡田 匡史

宇宙輸送安全計画ユニット

宇宙輸送系基盤開発ユニット

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(電気系の専門家含む)

第一宇宙技術部門(電気系の専門家)

有人宇宙技術部門(電気系の専門家)

環境試験技術ユニット

独立評価組織(電気系の専門家)

S&MA総括

安全・信頼性推進部

チーフエンジニア室

連携

三菱重工業  
原因究明チーム

システム設計部門

電子機器設計部門

エンジン設計部門

製造部門

独立評価部門

研究部門(電子機器の専門家を含む)

開発当時の設計担当者(OBを含む)

電気系等に関わる専門家が参加

(外部有識者、OBも参加)

# 1. H3ロケット試験機1号機 概要(再掲)

## 1-1 打上げ結果概要

### ■ 打上げ日時

- 打上げ日 : 2023年3月7日(火)
- 打上げ時刻 : 10時37分55秒(日本標準時)
- 打上げ場所 : 宇宙航空研究開発機構 種子島宇宙センター

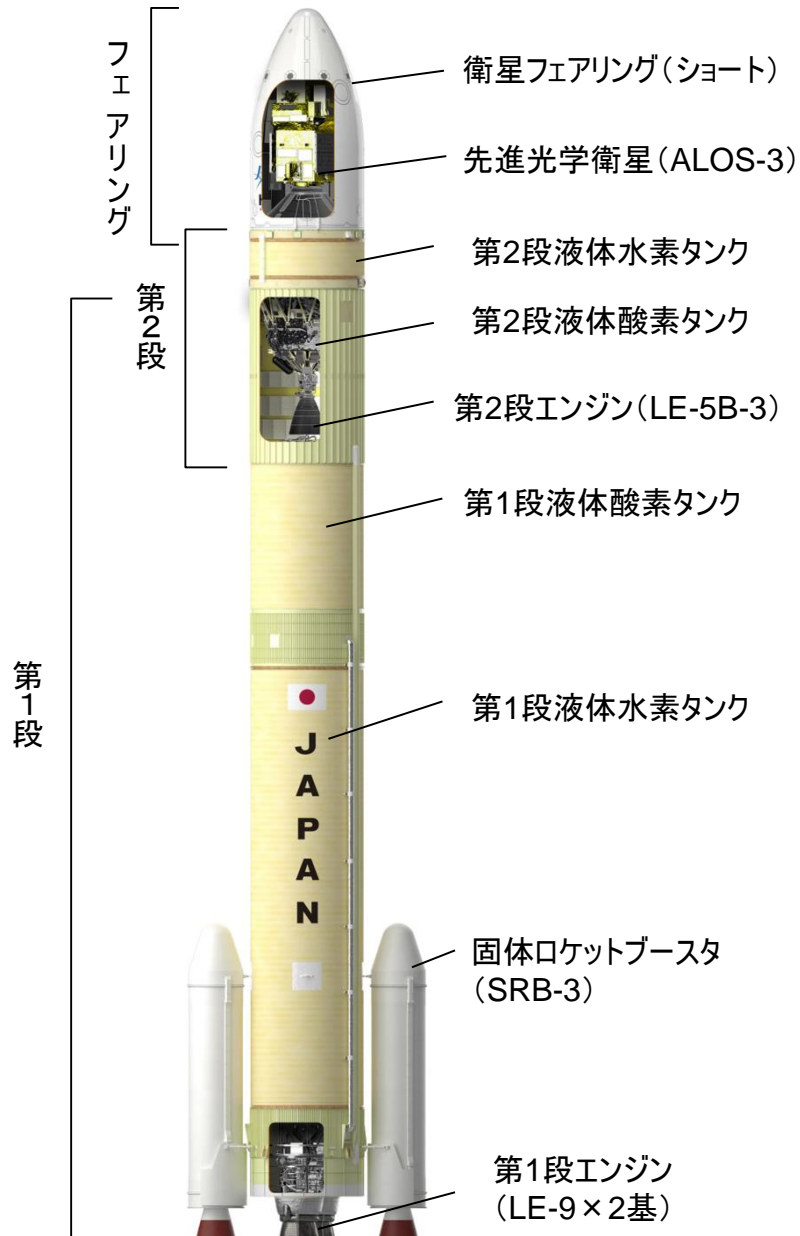
### ■ 搭載衛星

- 先進光学衛星「だいち3号」(ALOS-3)

「だいち3号」は、陸域観測技術衛星「だいち」(2006～2011年)の光学ミッションを引き継ぐ地球観測衛星で、「だいち」と比べ大型化・高性能化したセンサを搭載することにより、「だいち」の広い観測幅(直下70km)を維持しつつ、さらに高い地上分解能(直下0.8m)のセンサを搭載。



# 1-2 機体諸元(再掲)

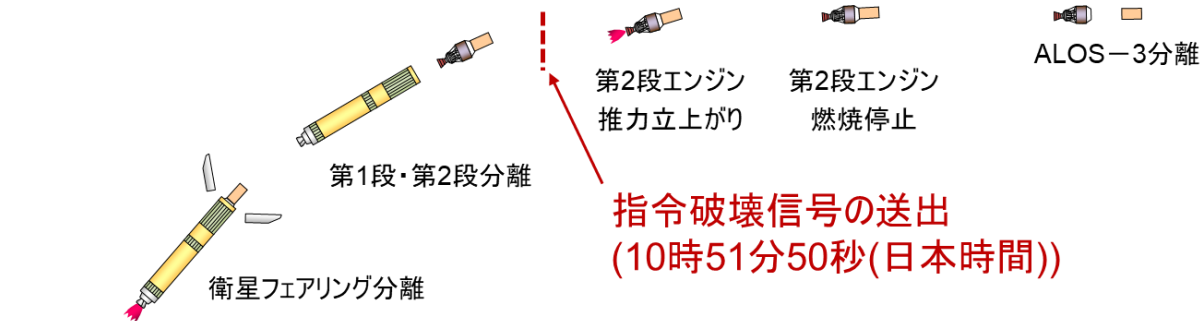


## 主要諸元

全段				
名称	H3ロケット試験機1号機			
全長	約57m			
全備質量	約422t(人工衛星の質量は含まず)			
各段	第1段 (LE-9)	固体ブースタ (SRB-3)	第2段 (LE-5B-3)	フェアリング (ショート)
全長	約37m	約15m	約12m	約10.4m
外径	約5.2m	約2.5m	約5.2m	約5.2m
質量	約240t	約152.4t (2本分)	約28t	約1.8t
推進薬質量 (最大値)	225.7t	134.4t (2本分)	24.6t	-
推進薬種類	液体水素/ 液体酸素	コンポジット 推進薬	液体水素/ 液体酸素	-
推力(真空中)	約2942kN (2基分)	約4600kN (2本分) (最大推力)	約137kN	-
燃焼時間	約300s	約110s	約694s	-
姿勢制御	ジンバル	-	ジンバル ガスジェット装置	-

# 1-3 打上げ結果(再掲)

- 2023年3月7日10時37分55秒(日本標準時)に、H3ロケット試験機1号機を打ち上げた。
- 第2段エンジンが着火しなかったことにより、所定の軌道に投入できる見込みがないことから10時51分50秒にロケットに指令破壊信号を送出し、打上げに失敗した。
- ロケットは第1段・第2段分離まで、計画どおり飛行した。

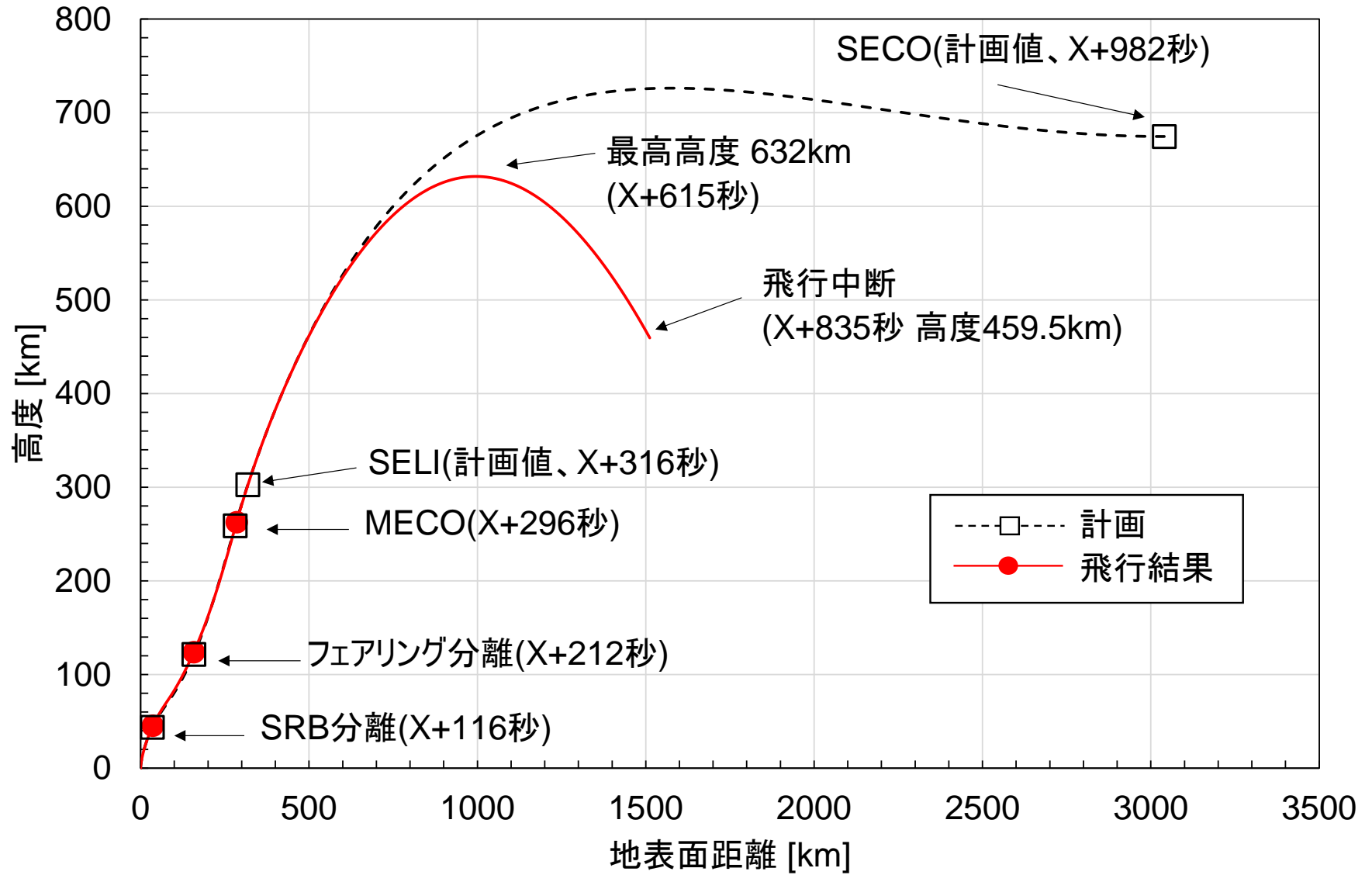


指令破壊信号の送付  
(10時51分50秒(日本時間))

打上げ時刻(10時37分55秒(日本時間))

事象	打上後経過時間 (フライト結果)			(参考)予測値		
	経過秒	分	秒	経過秒	分	秒
(1) リフトオフ	0	0	0	0	0	0
(2) SRB-3分離	116	1	56	116	1	56
(3) 衛星フェアリング分離	212	3	32	211	3	31
(4) 第1段エンジン燃烧停止(MECO)	296	4	56	296	4	56
(5) 第1段・第2段分離	304	5	4	303	5	3
(6) 第2段エンジン第1回推力立上がり(SELI)	-	-	-	316	5	16
(7) 飛行中断	835	13	55	-	-	-

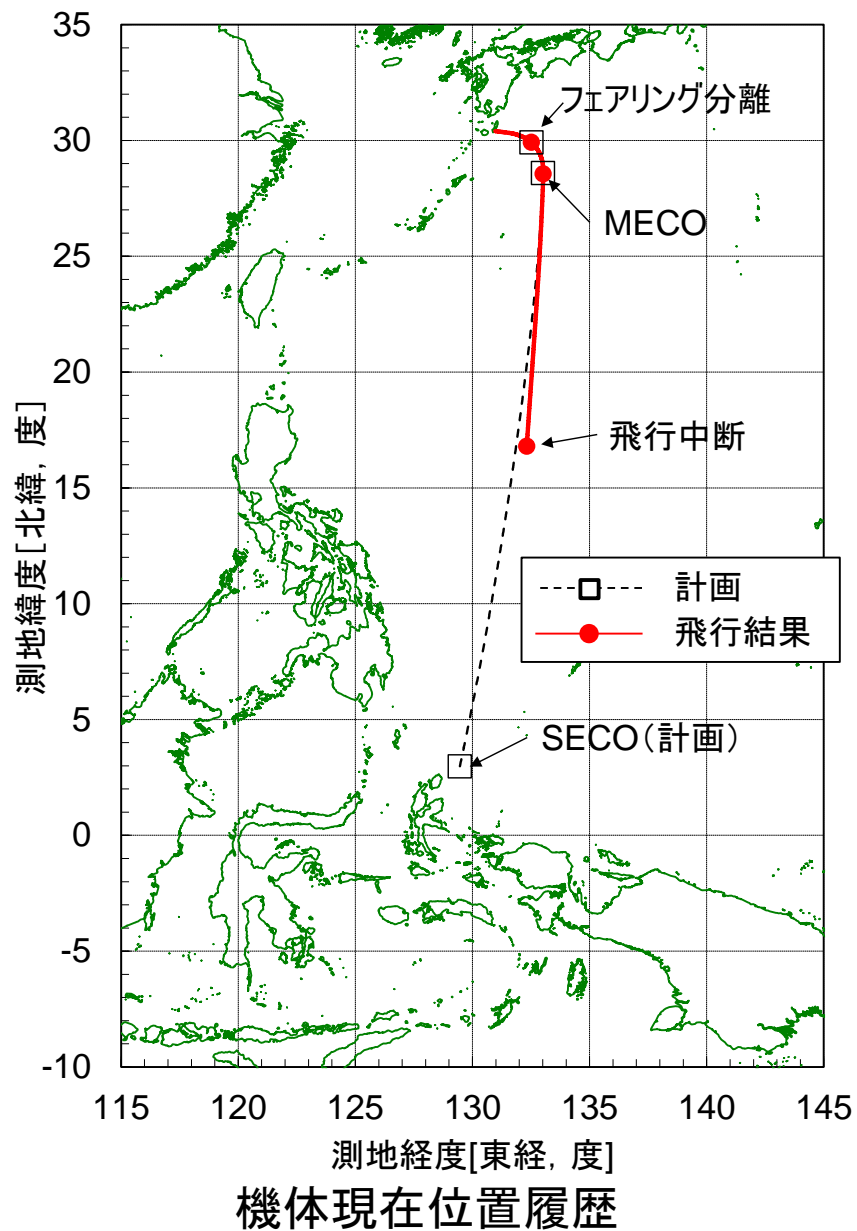
# 1-3 打上げ結果(再掲)



高度履歴

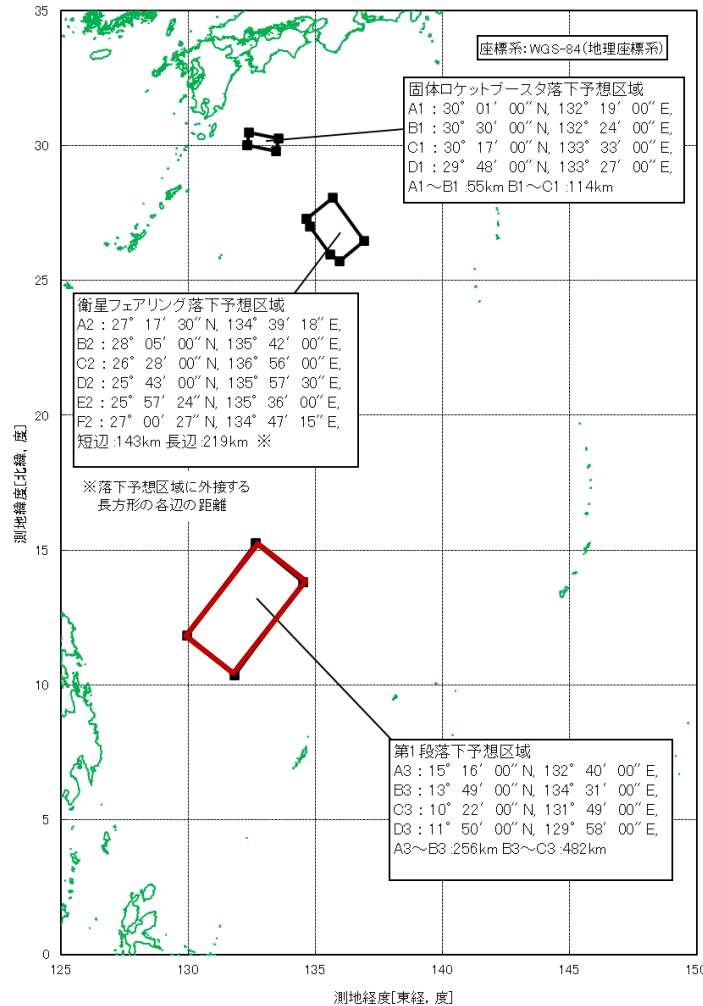


# 1-3 打上げ結果(再掲)



# 1-3 打上げ結果(再掲)

- 指令破壊後の破片は、予め計画された第1段落下予想区域内に落下したものと解析。



※ 落下予想区域は、打上げに係る情報の一部として国土交通省および海上保安庁等に対して事前に通知しているエリアであり、通知先各機関により、航空機および船舶に対する安全確保に係る対応(航行規制および規制情報の周知)を実施頂いているエリアである。

飛行計画に基づく投棄物落下予想区域

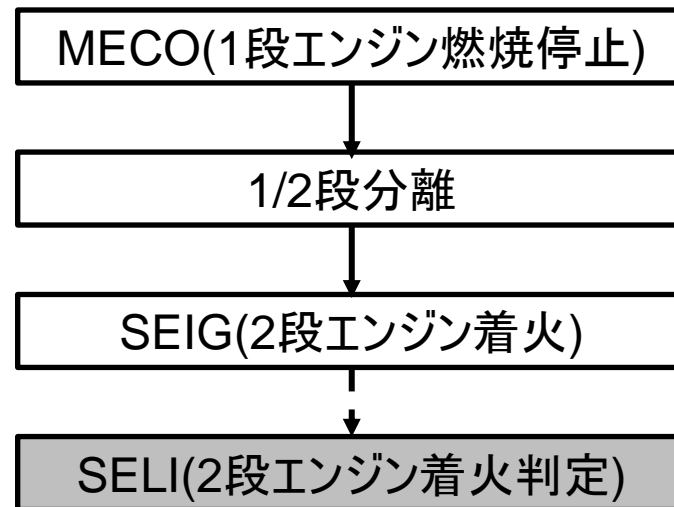
## 1-4 発生事象の内容(再掲)

### ■ 2段エンジン着火シーケンス

- 2段エンジン着火にかかるシーケンスを下図に示す。

### ■ テレメータデータ確認状況

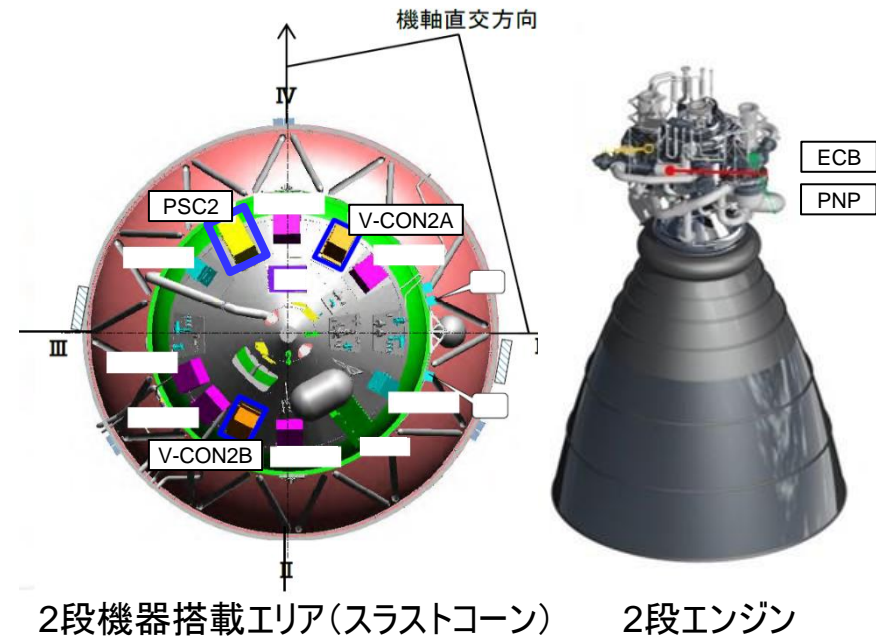
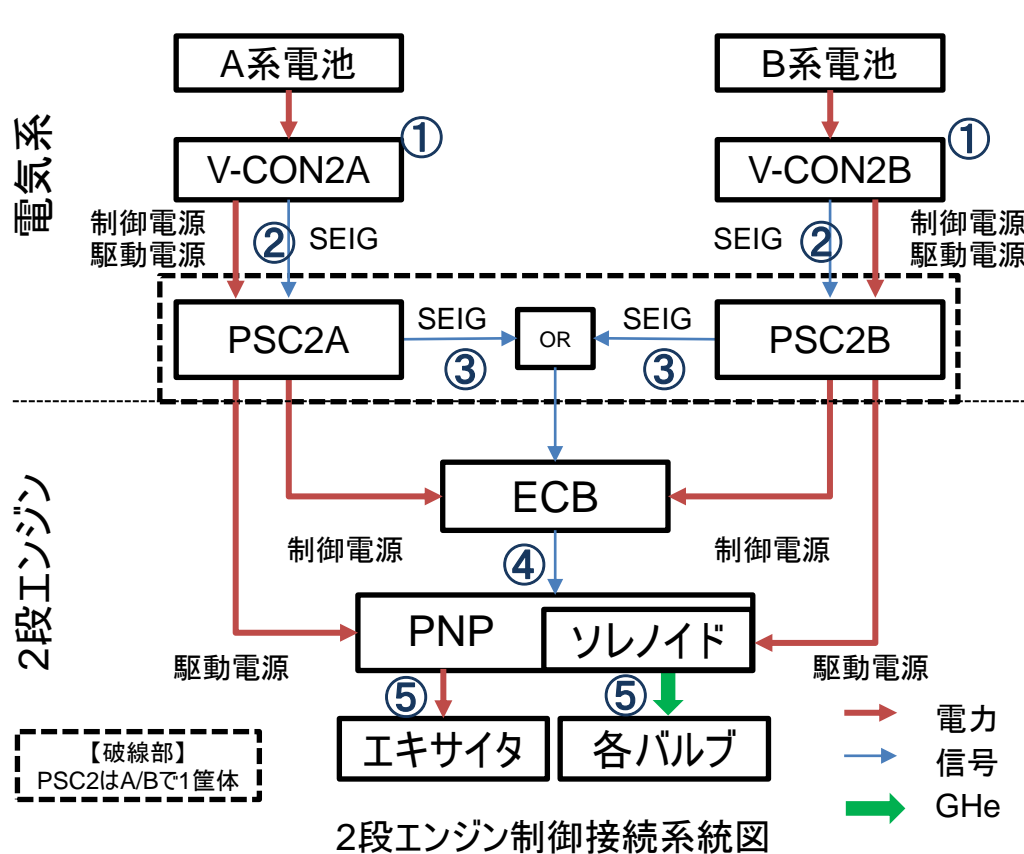
- 1段/2段分離を検知したのち、機体側から2段エンジンへ着火指示(SEIG)を送り、2段エンジン側がSEIGを受信したことを確認した。
- SEIG付近で、電源系統の異常を確認した(機体側かエンジン側の要因かは調査中)。



# 1-4-1 1段/2段分離後の2段エンジン着火シーケンス(再掲)

## ■ 基本動作

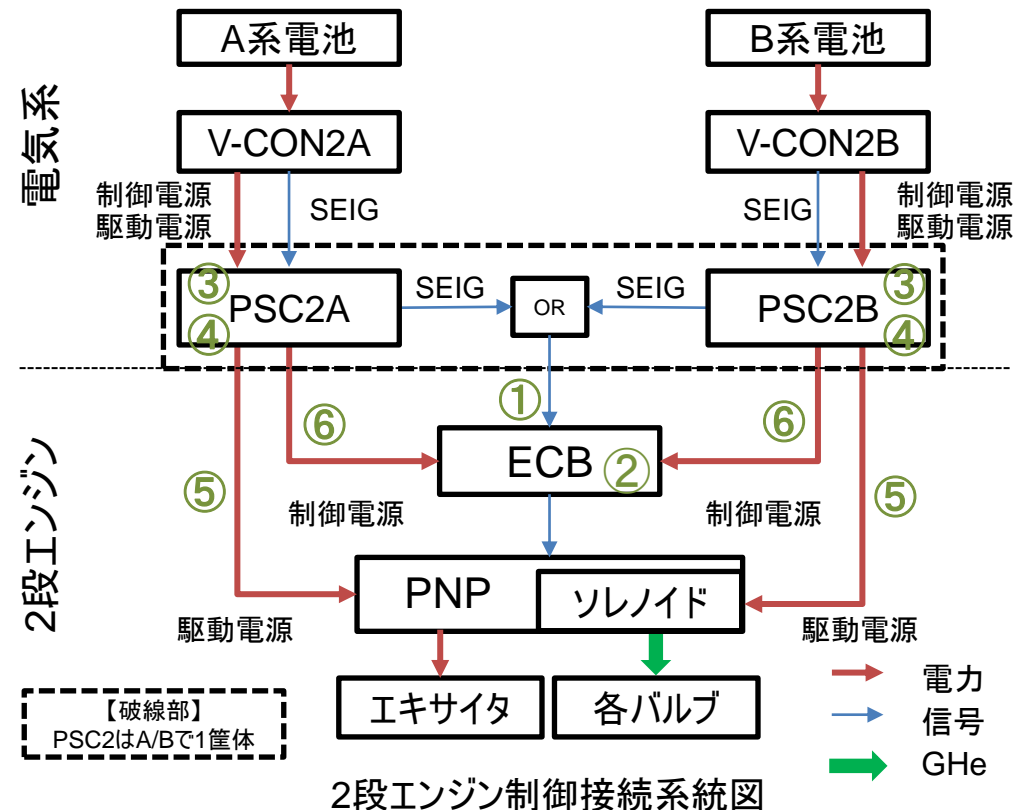
- ① 2段機体制御コントローラ(V-CON2A/2B)が1段/2段分離を検知
- ② その後、2段推進系コントローラ(PSC2)へ2段エンジンの着火信号(SEIG)を出力
- ③ PSC2はそれを受けて2段エンジンのコントロールボックス(ECB)へSEIGを出力
- ④ ECBがSEIGを受けた後、ニューマチックパッケージ(PNP)に駆動を指示
- ⑤ PNPは指示に基づき、各エンジンバルブおよび点火器のエキサイタスパークプラグを駆動



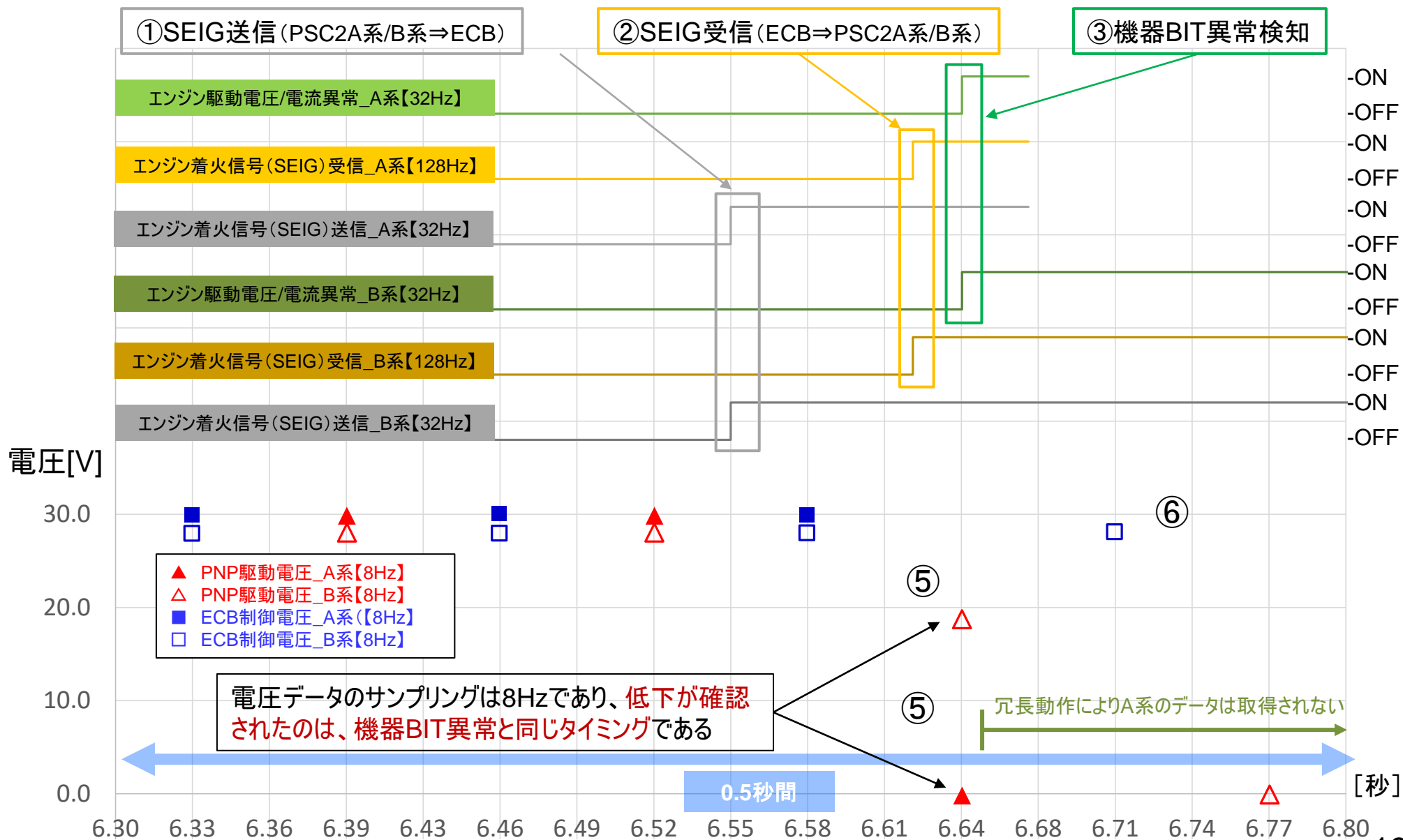
PNP: エンジンバルブ駆動用ヘリウムガスの供給や点火器エキサイタスパークプラグの駆動を制御する装置  
 ソレノイド: エンジンの各バルブの駆動に必要なヘリウムガス(GHe)を供給する電磁弁(ソレノイドバルブ)  
 エキサイタ: エンジン点火器のエキサイタスパークプラグ

# 1-4-2 SEIG近傍のテレメータデータ確認状況(再掲)

- テレメータデータにより以下を確認
  - SEIGまでECB/PNP経由の各バルブの制御は正常。
  - PSC2がECBに対してSEIGを送信【①】。その後ECBがPSC2からSEIGを受信したことを確認【②】。  
(ここまでは正常動作)
  - ECBがSEIGを受信した直後、PSC2でA系/B系共にエンジン駆動電圧/電流異常を示す機器BIT (Built-In Test:組込み自己診断プログラム)において異常【③】を検知したため、下流機器への電源供給を遮断【④】。
  - 同時にA系からB系に冗長切替
  - 同時にPNPに対して供給する駆動電圧がA系、B系共に下降【⑤】した(なお、ECBの制御電圧は正常【⑥】)。
  - その後エンジンバルブの作動は確認されず、エンジンは着火しなかった。

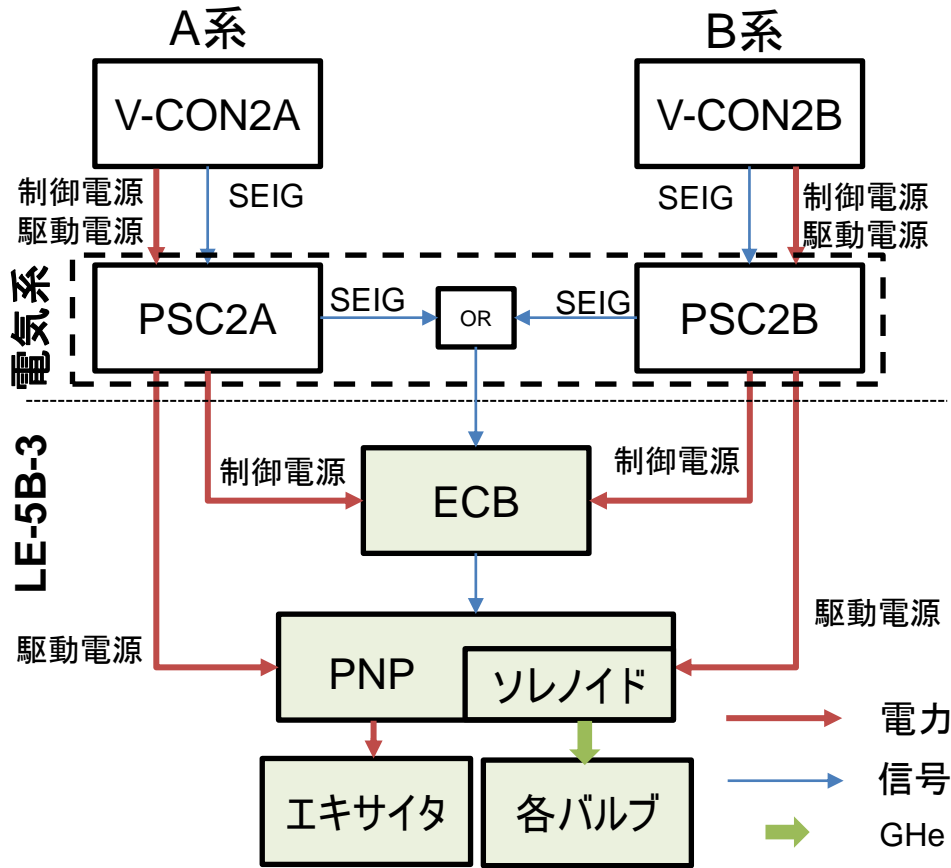


# 1-4-3 SEIG近傍のテレメータデータ確認状況(再掲)

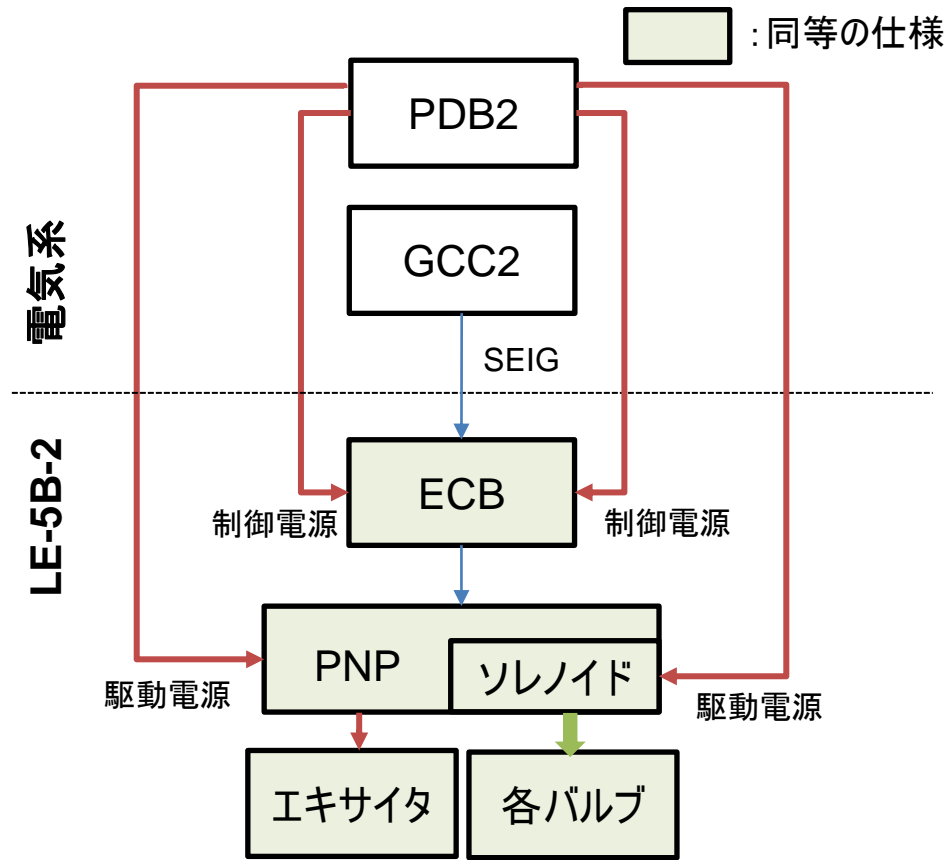


## 2. 原因究明の状況(再掲)

- 故障シナリオについて検証試験により確認し、原因の絞り込みを行う中で、2段エンジン制御系統のH3ロケットとH-IIAロケットの違い(ハードウェアの違いだけではなく、同等仕様の部分についての使い方やフライト環境の違い)に着目しつつ、FTAの各要因を①H-IIA共通要因と②H3固有要因に識別して原因調査を進めている。



2段エンジン制御 系統図(H3)



2段エンジン制御 系統図(H-IIA)

# 2. 原因究明の状況

## 2-1 FTA (Fault Tree Analysis※1)

赤字: 前回報告からの更新

■ FTAについて、フライトデータとその後の再現試験(次頁にサマリを示す)等から行った現時点での評価を下図に示す。評価の詳細をP16以降に示す。

TOP事象		事象	1次要因	2次要因	3次要因	共通性	フライトデータおよび地上での試験からの評価	
TOP事象	2段エンジン不着火	1. 制御電源喪失	2. 制御信号喪失	2.1 2段エンジンコントロールボックス( ECB )への2段エンジン着火信号( SEIG )不出力		H3 固有	×	電池( A系/ B系 )、機体制御コントローラ( V-CON2A/ 2B )、推進系コントローラ( PSC2 )からの制御電源の供給電力は正常。2段エンジンコントロールボックス( ECB )のモニタ信号により、供給電力が正常であったことが確認できている。
				2.2 2段エンジンコントロールボックス( ECB )が2段エンジン着火信号( SEIG )不受信		H3 固有	×	機体制御コントローラ( V-CON2A/ 2B )からの2段エンジン着火信号( SEIG )指示後、推進系コントローラ( PSC2 )から2段エンジンのコントロールボックス( ECB )へSEIGが出力されている。
				2.3 2段エンジンコントロールボックス( ECB )からニューマチックパッケージ( PNP )への制御信号不出力		H3 固有	×	2段エンジンコントロールボックス( ECB )のモニタ信号にて、ECBがSEIGを受信したことを確認した。
		3. 駆動電源喪失	3.1 電池もしくは機体制御コントローラ( V-CON2 )からの駆動電源喪失		H3 固有	×	SEIGまで、2段エンジンコントロールボックス( ECB )/ニューマチックパッケージ( PNP )経由でのバルブ駆動が正常に実施されていることを確認。SEIGをECBが正常に受信したことを確認した。	
			3.2 推進系コントローラ( PSC2 )からニューマチックパッケージ( PNP )への電源遮断	3.2.1 PSC2過電流誤検知( 遮断機能の設計不良 )	H3 固有	×	機体制御コントローラA系( V-CON2A )は冗長動作によりテレメトリデータ更新を停止するためデータ確認ができないが、機体制御コントローラB系( V-CON2B )の駆動電源供給バス電圧は正常であり、2段エンジン不着火の事象には至らない。	
				3.2.2 PSC2の消費電流過大( 正常な機器動作範囲 )	H3 固有	×	PSC2内部品の単品故障では、A系/ B系の両系統のエンジン駆動電源は遮断されない。過電流で下流機器への電源供給を遮断する機能の動作確認とデータ取得を行い、PSC2の遮断機能は設計通り機能することを確認した。フライトデータの詳細確認および再現試験から誤検知の可能性はないことを確認した。	
				3.2.3 PSC2から電源供給している下流機器( PNP系統 )の過電流	H3 固有/ H-IIA 共通	△	2段エンジン着火( SEIG )時に、エンジンバルブ/エンジン点火用のエキサイタ等が同時動作する際の消費電流を機器レベルおよびシステムレベルの試験にてデータ取得し、機器の正常な範囲では異常検知に至るような過電流は発生しないことを確認した。	
				3.2.4 PSC2から電源供給している下流機器( RCS系統 )の短絡または地絡	H3 固有	×	フライト中にPNP系統の機器内部の部品もしくはハーネスが短絡または地絡し、2段エンジン着火( SEIG )時に当該箇所でも過電流を生じる可能性がある。また、当該系統に過電流を生じる要因について、FTA上に残っている故障モードの蓋然性( 確からしさ )に基づき評価した。	
				3.2.5 PSC2内の電圧過大	H3 固有	×	RCS系統のBITが異常を検知していないことをフライトデータから確認した。	
					H3 固有	×	推進系コントローラ( PSC2 )に供給している電圧は正常、PSC2内部の電圧はSEIG前は正常。SEIG信号を受けてPSC2内の電源供給機能は動作しないため電圧過大となるモードはない。	

※1 FTA: 事象から始め、それに繋がる因果関係を洗い出し、原因を特定する解析



# 2. 原因究明の状況

## 2-1 FTA (Fault Tree Analysis※1)

赤字: 前回報告からの更新

### 2段エンジン内の短絡・地絡のFTA

3次要因	4次要因	5次要因	6次要因	共通性	フライトデータおよび地上での試験からの評価															
<b>3.2.3 PSC2から電源供給している下流機器 (PNP系統) の過電流</b>	<b>3.2.3.1</b> エキサイタ系統またはソレノイド弁4個 (SEIGで作動する弁) 系統の短絡/地絡	<b>3.2.3.1.1</b> H3のフライト環境の影響	<b>3.2.3.1.1.1</b> 機械的環境 (衝撃)	H3 固有	※2 エキサイタまたはSEIGのタイミングで駆動するソレノイド弁(B群)の系統は、SEIGのタイミングで作動するため、SEIGまでに短絡もしくは地絡していた場合に、SEIGのタイミングで過電流を生じる可能性がある。															
						<b>3.2.3.1.1.2</b> 機械的環境 (ランダム振動)	H3 固有	× フライト時の音響環境に起因するランダム振動環境による影響で短絡/地絡に至った可能性があり、詳細評価を実施。コンポーネント・電子部品レベルでランダム振動に対する振動耐性を有していることを確認した。												
									<b>3.2.3.1.1.3</b> 放射線環境	H3 固有	× 放射線による部品の誤動作が発生したとしても、短絡/地絡の事象には至らない。									
												<b>3.2.3.1.1.4</b> 真空環境	H3 固有	× PNP電源ON時またはSEIG時にグロー放電が発生し短絡/地絡が起こった可能性や、フライト中の機器の帯電によりPNP、エキサイタが誤作動した可能性を懸念していたが、真空環境下での作動試験および、トランス内部でグロー放電は発生せず、内部の損傷や過電流が生じないことを確認した。(2-3-1-2項No.13(前回))						
															<b>3.2.3.1.1.5</b> 熱環境	H3 固有	× 取得できているフライトデータではフライト中の熱環境は設計想定内であった。H-IIAとH3の差異としてエンジン予冷で放出する酸素のノズル方向の差異の影響をフライトデータ/解析から評価し、要因ではないと判断した。			
																		<b>3.2.3.1.1.6</b> 電磁気干渉	H3 固有	× 工場・射場での全機EMC試験により、他の機体構成要素からの伝導/放射による感受性はないことを確認済である。
			<b>3.2.3.1.2</b> 製造の特異性	<b>3.2.3.1.2.1</b> 通常の検査工程不備	H-IIA 共通	× TF1で用いた2段エンジンは定められた試験、検査を経て機体に搭載されており、製造記録を確認した結果、特異性は確認されていない。														
							<b>3.2.3.1.2.2</b> 製造ばらつき、環境、仕様による複合要因	H-IIA 共通	△ 上記フライト環境や電源 (PSC2) と負荷 (PNP内ソレノイドもしくはエキサイタ) のIFに起因する負荷に対する耐性が弱く、製造ばらつきにより短絡/地絡に至った可能性がある。											
										<b>3.2.3.1.2.3</b> H3TF1射場整備の特異性	H3 固有	× 製造後、フライトまでの期間が長かったことによるコネクタ腐食の可能性について、後続号機や20年以上種子島で保管している機種のコネクタを確認したが腐食はなかったため要因ではないと判断した。なお、地上で当該系統の健全性を確認して以降、アクセス床を設置していなかった。また、射場で工具紛失等はなかった。								
				<b>3.2.3.2</b> ソレノイド弁3個 (予冷関連) 系統の短絡/地絡	H-IIA 共通	× SEIGまでの2段エンジンの予冷弁 (A群) のバルブ駆動は正常であったことを確認した。ただし、SEIG時にバルブOFFするシーケンスであり、エンジン駆動電源遮断時にもOFFとなるため、指示に従ったのか、エンジン駆動電源が遮断されたのか区別はつかない。														
				<b>3.2.3.3</b> ソレノイド弁2個 (上記以外) 系統の短絡/地絡	H-IIA 共通	× その他のソレノイド弁 (C群) は、SEIGのタイミングで作動させないため、SEIGのタイミングで過電流を生じる可能性がない。														
				<b>3.2.3.4</b> テープヒータ系統の短絡/地絡	H-IIA 共通	× テープヒータにはPNPへの電力供給時、常時ONされており、SEIGのタイミングでON/OFFするものではない。														
				<b>3.2.3.5</b> 電源供給しているPSC2と下流機器の連成による過電流	H3 固有	△- 当該系統 (PNP系統) とシステムの連成により、SEIGのタイミングで必然性のある故障シナリオや、A系B系の両系統の故障に至るシナリオで過電流を生じる可能性について評価した。降圧回路の共振・出力不安定により、要因に至る可能性がある故障シナリオを抽出した。														

※1 FTA: 事象から始め、それに繋がる因果関係を洗い出し、原因を特定する解析

※2 下位の要因の集合であり、共通性や評価の識別は不要とした。

## 2-2 各シナリオの検討状況のまとめ(1/3)

### ■ 概要

- 前回の報告までに識別したシナリオは計9個（**H-IIA共通:7個、H3固有:2個**）
- データ分析等から各シナリオを絞り込む検討を進めており、**新たな事実が判明しているものの、現時点でシナリオの絞り込みには至っていない。**
- 最終的に、**複数の要因**が可能性として残る場合には、それらの**要因全てに対して対策**を講じる。

赤字: 前回報告からの更新

区分	No.	故障部位		シナリオ	対策	取り組み状況
共通シナリオ	8	エキサイタ	コンデンサ	取扱不良で誘電体が損傷し、打上げ前までは短絡しかけていたものが、打上げ時の振動・衝撃で完全に損傷し、SEIG時に短絡。	<b>&lt;検査強化&gt;</b> ・エキサイタの製造検査にX線CT検査を追加し、コンデンサのリード線/タントルの損傷(曲がり)がないことを確認する。	(1)エキサイタONからA系過電流検知開始までの時系列の詳細評価を進めており、 <b>本シナリオと整合しない可能性を検討中(2-5項)</b> 。
	9	エキサイタ	コンデンサ	組立時にリード線とケースが近接状態となってしまう、打上げ前までは接触していなかったが、打上げ時の振動・衝撃で接触し、SEIG時に地絡。	<b>&lt;絶縁強化および検査強化&gt;</b> ・リード線に保護テープを追加する。 ・エキサイタの製造検査にX線CT検査を追加し、リード線とケースが近接状態になっていないことを確認する。	(1)同上

## 2-2 各シナリオの検討状況のまとめ(2/3)

赤字: 前回報告からの更新

区分	No.	故障部位		シナリオ	対策	取り組み状況
共通シナリオ	10	エキサイタ	貫通フィルタ	取扱不良で誘導体等内部部品が損傷し、打上げ前までは地絡しかけていたものが、打上げ時の振動・衝撃で完全に破損し、SEIG時に地絡。	<p>&lt;検査強化&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・エキサイタ製造検査にX線CT検査を追加し、貫通フィルタに地絡に至る損傷がないことを確認する。</li> </ul>	(1) 同上
	15	エキサイタ	フィルタ組立	組立時にコイル・ケース間の絶縁シートがずれ、コイルとケースが接触。組立作業中の取り扱いや打上げ時の振動・衝撃でコイル表面のエナメル被覆が剥がれ、コイル素線とケースが接触し、SEIG時に地絡。	<p>&lt;絶縁強化および検査強化&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・エキサイタ製造検査にX線CT検査を追加し、コイルとフィルタケースの接触がないことを確認する。</li> <li>・コイルの絶縁シートの巻き数を適正化し、コイルをケースに収納し易くしてクリアランスを改善する。</li> <li>・コイルリード線にRTVゴム、コネクタ基板間ケーブルに熱収縮チューブを追加し摩耗に対する保護を強化する。</li> </ul>	(1) 同上
	16	エキサイタ	発振回路部	不適合対策(トランジスタ交換作業)に伴い摩耗粉が発生。打上げ時の振動で摩耗粉が絶縁シートを貫通し、摩耗粉を介してトランジスタとボルトが接触し、SEIG時に地絡。	<p>&lt;検査強化&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・エキサイタ製造検査にX線CT検査を追加し、トランジスタとケース間の絶縁シートに摩耗粉(金属片)がないことを確認する。</li> </ul>	(1) 同上
	17	エキサイタ	発振回路部	組立時に絶縁テープに傷をつけ、打上げ時の振動で絶縁シートが損傷、1次/2次コイルが接触し短絡、SEIG時に過電流が発生。	<p>&lt;検査強化&gt;</p> <p>絶縁テープに傷がある場合、スパーク開始電源電圧が異常値となり、かつスパーク中の電圧にノイズが観測される。このため、スパーク開始電源電圧の検査とスパーク作動時に電圧にノイズがないことを検査することによって絶縁テープに傷がないことを確認する。</p>	(1) 同上

## 2-2 各シナリオの検討状況のまとめ(3/3)

赤字: 前回報告からの更新

区分	No.	故障部位		シナリオ	対策	取り組み状況
共通シナリオ	18	エキサイタ	トランジスタ	エキサイタ点火時にトランジスタの電圧(Vce)が定格を超過し損傷、短絡による過電流が発生。	<部品選別> トランジスタに印加される電圧が定格内となるトランジスタと抵抗値の組合せとする。	(1)フライトを模擬した地上試験では故障の再現には至っていない状況。 (2)「エキサイタ内部回路の電氣的動作によるトランジスタの破損」のメカニズムを詳細に解析・検証し、部品の実力耐性を超える負荷による故障の再現を追求中。
H3固有シナリオ	1	PNP/エキサイタ	トランジスタ etc.	(1)SEIGによる下流機器への電源投入時に、PSC2A降圧回路が電流変動(突入電流または機器動作)に伴い発振・出力不安定となり、過電圧を出力した。 (2)過電圧により、下流のシングルポイント機器(PNPまたはエキサイタ)を短絡故障させ、過電流を発生させた(過電圧が発生してから過電流に至るまでに、10ms程度の遅延があった)。PSC2A系で過電流検知により電源遮断を行い、その後B系でも過電流検知に至り電源遮断を行った。	発生要因による ①FPGAの応答速度の改善 ②回路定数の適正化 ③定電圧ダイオードの増強	(1)部品故障で過電圧に至る3ケース(FETスイッチおよび駆動回路、インダクタ、コンデンサ)を抽出(2-4-2項)。 (2)仮に過電圧になった場合を想定し、PNP、エキサイタの過電圧試験を実施、現時点で故障には至っていない(2-6-1項)。 (3)上記部品が故障に至る要因については検討中。 (4)各モードに対してフライト時のテレメータとの整合性を詳細評価中。
	2	PSC2	定電圧ダイオード etc.	(1)同上 (2)過電圧により、PSC2A内部の部品(例:定電圧ダイオード)を短絡故障させ、過電流を発生させた。PSC2A系で過電流検知により電源遮断を行った。その後、B系から電源供給が始まるが、この際同じメカニズムでPSC2Bからも過電圧が発生し、PSC2B内部の部品を短絡故障させ、過電流を発生させた。	同上	(1)同上 (2)仮に過電圧になった場合を想定し、PSC2内の定電圧ダイオードの過電圧試験を実施し、短絡故障に至ることを確認(2-6-2項)。 (3)PSC2A内で過電流が発生した場合に、PSC2Bも過電流を発生させる連成モードについて検討中。 (4)同上

## 2-3 H3固有シナリオの検討状況

- H3固有シナリオNo.1:PSC2降圧回路不安定による下流機器での短絡
  - ① PSC2降圧回路の不安定化の要因となりうる候補を絞り込み、それらに起こりうる故障モードを個別に詳細評価中。正常なPSC2と下流機器の組合せでは、降圧回路は不安定とはならないことを確認した(2-4-2項)。
  - ② ①が顕在化した場合に、下流機器に過電圧が印加され地絡・短絡等の過電流に至るかを検証したところ、過電流の発生には至っていない(2-6-1項)。
  
- H3固有シナリオNo.2:PSC2降圧回路不安定によるPSC2内部での短絡
  - ① PSC2降圧回路の不安定化の要因となりうる候補を絞り込み、それらに起こりうる故障モードを個別に詳細評価中(同上)。
  - ② ①が顕在化した場合に、PSC2内の定電圧ダイオードに過電圧を印加する試験を実施したところ、短絡故障に至ることを確認(2-6-2項)。
  - ③ フライトでの事象が最終的にA系/B系の両方で生じていることから、A系で定電圧ダイオードが短絡故障した後に、B系に伝搬するメカニズムについて検討中。
    - 6月22日の調査・安全小委員会では、A系/B系が同じメカニズムで短絡に至ったと説明していたが、上記の通り、①が正常なPSC2では発生せず、部品の故障が両系に内在しないと発現しない(すなわち二重故障)ことが明らかになったことから、起点となる片系の故障の発生と、それが他系に伝搬するメカニズムを追求中。

## 2-4 H3固有シナリオの網羅性の確認

### ■ 網羅性のポイント

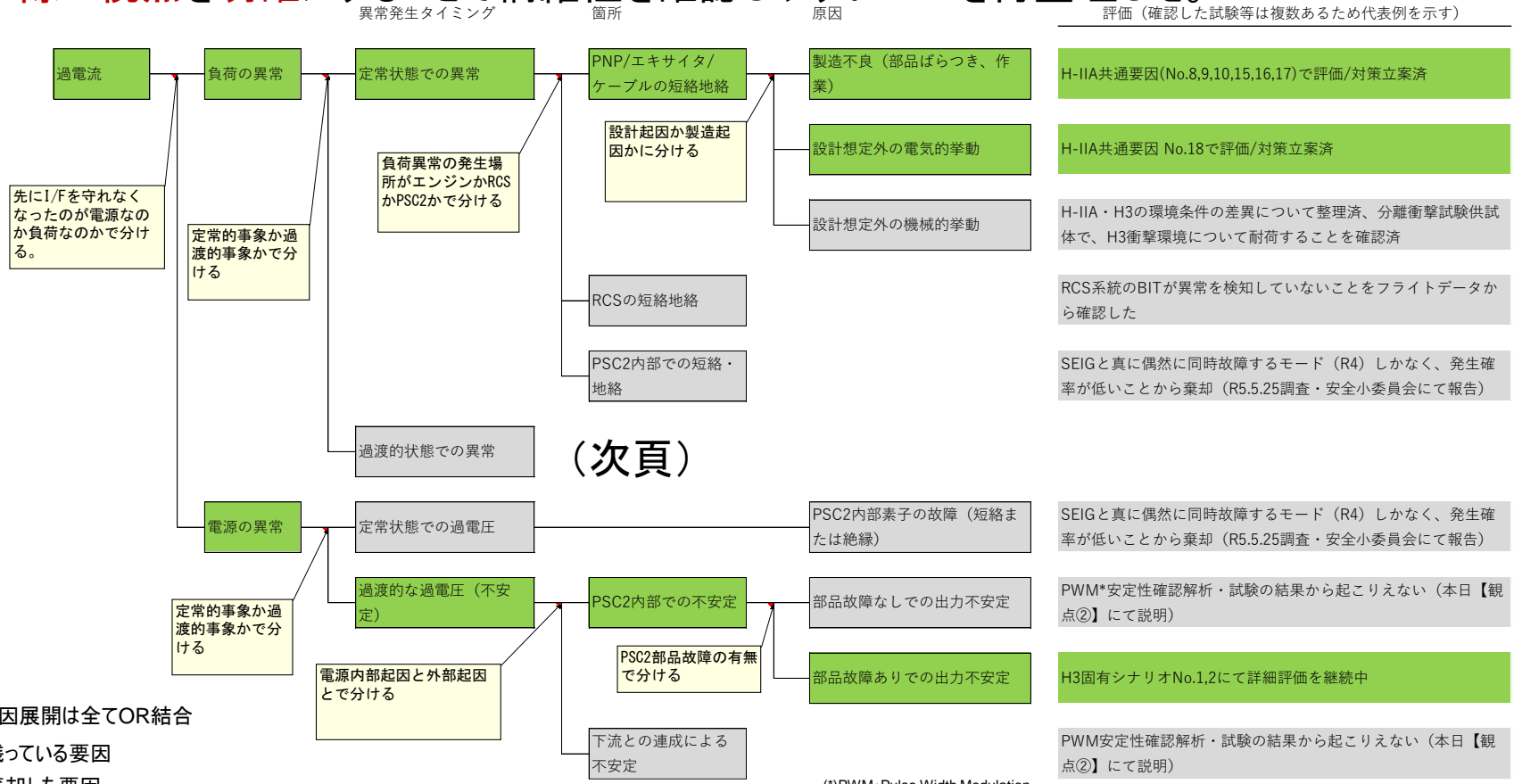
- 【観点①】H3ロケット固有要因については、①SEIG時に発生する故障モードおよび②A/B系の二重故障に至る故障モードを網羅的に抽出し、事象に至った可能性のあるシナリオを検討してきた（6月22日の調査・安全小委員会で説明）。この取り組みに抜けが無いことを確認するために、以下の切り口で再整理を行った。
  - システム内に過電流が生じたことをトップ事象としたFTAを再整理した。これに基づき検討の全体網羅性を示す。
  - またFTAの個々のノードを展開する際の視点の網羅性を担保するため、SEIGに至る時間軸上のシステムの動きとPSC2のA/B系の接続状態を網羅的に把握することが必要であり、その整理結果を示す。
- 【観点②】上記の結果として抽出した「PSC2からの過電圧出力による（下流機器orPSC2内での）短絡」というシナリオについて、以下の観点で網羅的な調査・分析と十分な対策立案ができたか。
  - A) PSC2が過電圧を発生させるメカニズムの抽出（←PSC2部品&故障モードの網羅性）
  - B) A)のうち、特に地上試験時/フライト時のテレメータに陽に現れない部品・モードの識別
  - C) 過電流（短絡故障）に至る要素の抽出（←システム内部品短絡評価の網羅性）
  - D) 上記A)～C)を踏まえた対策の立案の十分性

# 2-4 H3固有シナリオの網羅性の確認

## 2-4-1 過電流事象全体の網羅性

### ■ PSC2系統の過電流のFTA

- 従来のFTAは、H-IIAとの共通要因を早期に識別する観点から、「機能」や「部位」の切り口で要因展開しており、過電流をトップ事象としたときには網羅性が確認しにくい構成であった。
- それを補うため、PSC2のエンジン駆動電源系統の過電流をトップ事象として、各要因に展開する際の視点を明確にすることで網羅性を確認しやすいFTAを再整理した。



※FTAの要因展開は全てOR結合

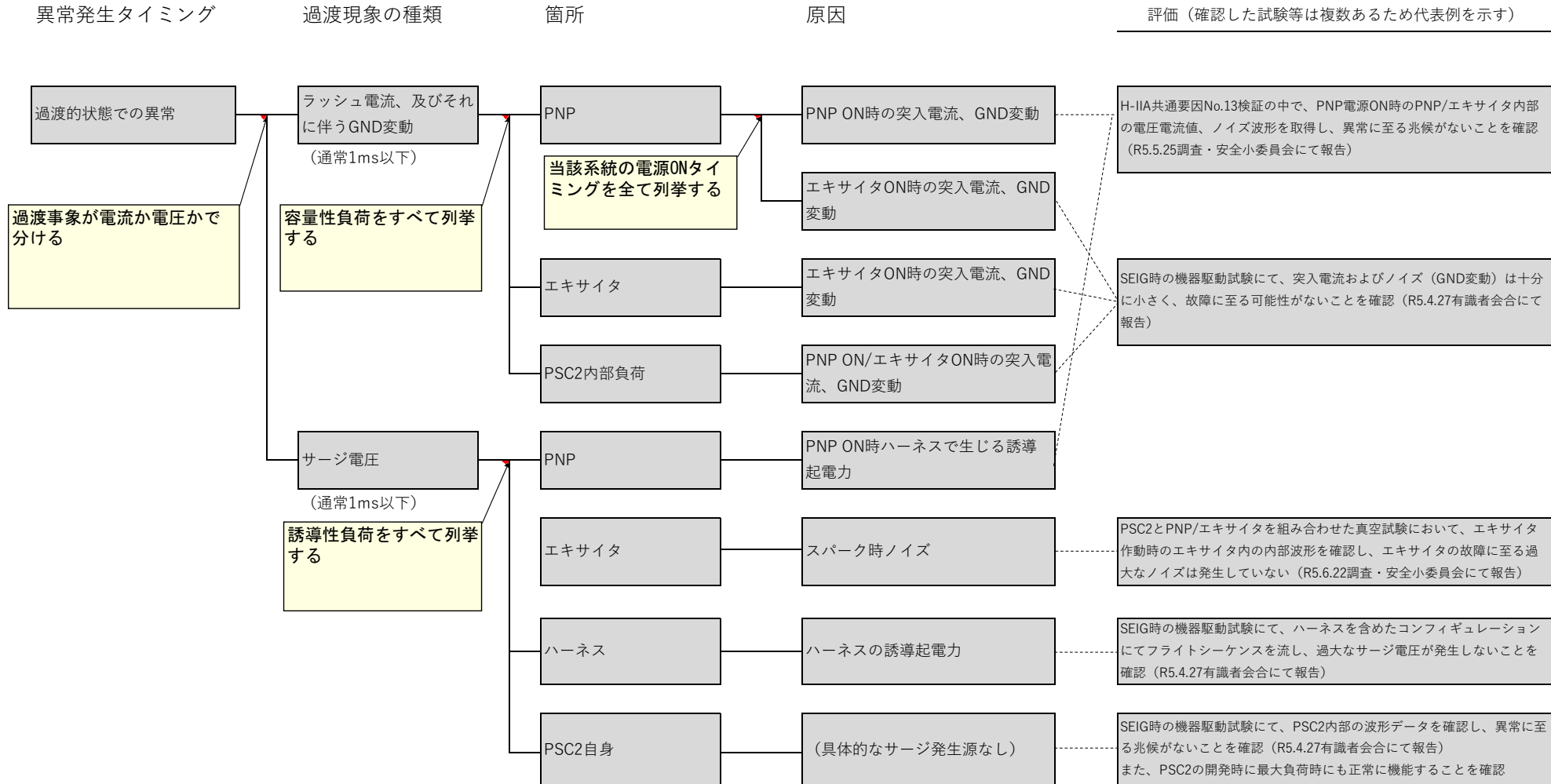
■ : 残っている要因  
 ■ : 棄却した要因

(\*)PWM: Pulse Width Modulation  
 パルス幅を変えることで、FETなどの素子に流れる電流の時間を変化させ、電圧等を制御する方式

# 2-4 H3固有シナリオの網羅性の確認

## 2-4-1 過電流事象全体の網羅性

### ■ PSC2系統の過電流のFTA



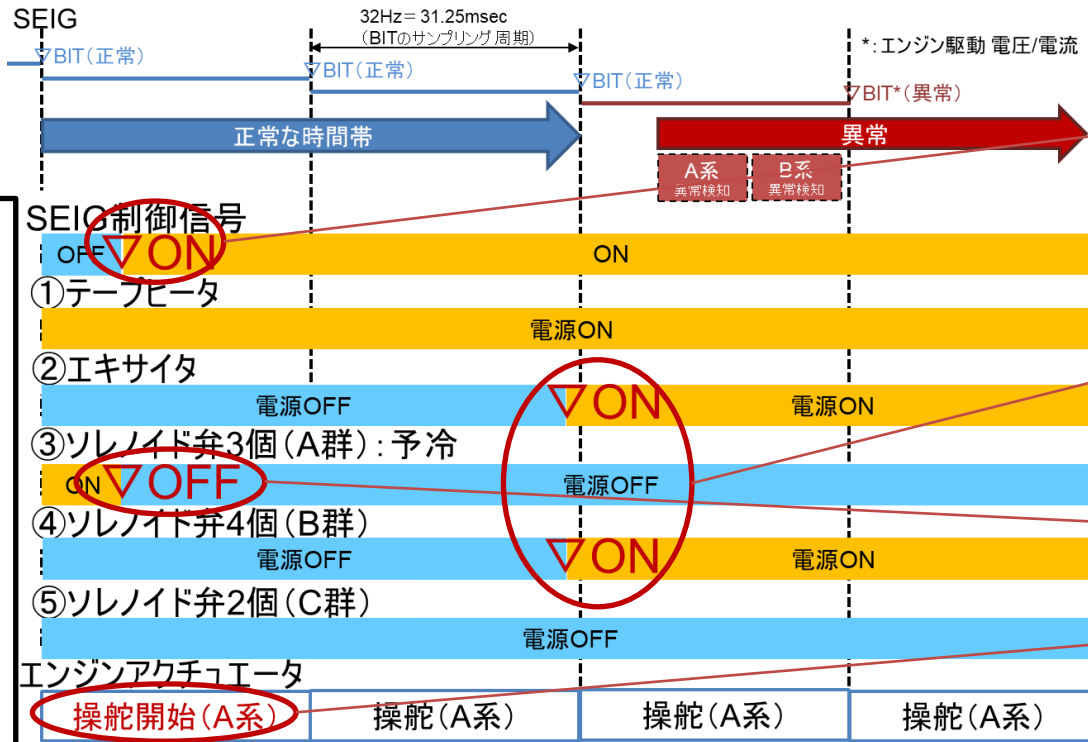
※FTAの要因展開は全てOR結合



# 2-4 H3固有シナリオの網羅性の確認

## 2-4-1 過電流事象全体の網羅性

- これまで、H3固有要因の評価にあたり、TF1飛行時のシーケンス・オブ・イベント(SOE)を基に、SEIG時の前後の動作で状態が変化する要素を網羅的に抽出し、フライトデータ、解析、試験等にて評価していた。
- SEIG前後のシーケンス・オブ・イベント(SOE)を左下図に示す。赤字で示しているものが、SEIG前後でON/OFFの作動を行ったものであり、網羅していることを再確認した。



No.	SEIGで変化するもの	想定する影響(シナリオ)	評価結果
1	制御信号ラインの状態変化	SEIGを出力するまでは電位が不定だったラインと駆動電源ラインの短絡が発生していて、SEIGで制御信号ラインをONした際に、駆動電流がグランドに流れる。制御信号だけでなく、SEIGでONとなるモニタ回路も評価対象にした。	回路ベースで詳細評価を実施し、対象となる部位を特定した上で、当該ラインが駆動電源ラインと空間的に離れていることを確認し、要因ではないと評価(×)
2	エキサイタ/ソレノイド弁への通電	電流の増加	SEIG以前の電流では機能していた電気部品が電流増加(含むラッシュ電流影響)により機能喪失する。(大電流が流れたことをきっかけに降圧回路が故障する等)。
3		電流変化率大	電流値の変化により発生する過渡的なグラウンド変動(ノイズ)が大きくなり、誤動作を起こす。
4		電圧の印加	SEIG以前にフライト環境等で損傷していたものが通電により過電流に至る。
5	予冷弁のOFF	予冷弁(PNPのソレノイド弁)OFFによる電流・電圧変化で電気部品が破損する。	予冷弁OFFのタイミングは事象発生より十分前であり、要因ではないと評価(×)
6	アクチュエータ作動	SEIGにより制御を開始した2段エンジンバルブ用アクチュエータが作動し、振動や荷重、変位により電気部品が機械的な負荷を受け損傷する。	フライトデータからSEIG時の操舵は十分小さいことを確認しており、要因ではないと評価(×)

(6月22日 調査・安全小委員会公開資料P.25再掲)

# 2-4 H3固有シナリオの網羅性の確認

## 2-4-1 過電流事象全体の網羅性

### ■ ②A/B系の二重故障に至る故障モードの評価方針

- 二重故障のモードを以下に分類し網羅的に抽出していることを再確認した。

二重故障		N o.	想定するモード	想定する影響(シナリオ)	評価結果
A系/B系で同じ要因		1	同一設計/同一仕様部位の破壊	A系とB系の同一設計部位が、単一要因(例: 衝撃環境)で損傷する。	①のSEIG時に発生する故障モードの評価の中で検討した。
A系/B系で連鎖する要因		2	PSC2のA/B系突合せ部の下流を介した連鎖	【下流の想定外事象により、A系異常/遮断⇒B系異常/遮断が発生】PSC2出口端にはダイオードが実装されており、下流の影響は受けないと評価しているが、ダイオードが故障していた場合に、系統間のアイソレートができずA/B間が干渉し、連成により故障が発生した可能性がある。	テレメトリデータからダイオードは故障していなかったことを確認しており、要因ではないと評価(×)
直接連鎖				【下流の想定外事象により、A系異常/遮断⇒B系異常/遮断が発生】(PNP発振)下流PNPが回路不安定で発振。電流変動の影響が上流(PSC2)に影響を与え、降圧回路が不安定となる。	故障に至りうるシナリオ(2-4-4項 H3固有No.1,2)を抽出(△)
PSC2下流を介した連鎖				【A系異常が下流故障を誘発⇒その結果B系の異常/遮断が発生】A系降圧回路の異常⇒過電圧で下流のエキサイタで部品破壊⇒B系切替後は下流短絡により過電流で切替え。	
PSC2内部を介した連鎖		3	PSC2内部を介した連鎖	A系/B系で共通で使用している部位(筐体等)を介し連成する可能性と故障モードを評価する。	A系/B系で電氣的な接続がある部位(グランド等)について網羅的に抽出・評価。新たな故障シナリオは抽出されなかった。(×)
間接連鎖		4	PSC2外部も含めたA系→B系連鎖事象	影響を与える要因と影響を受け得る部位(PSC2/PNP等)をマトリクス形式で評価する。	影響を与える要因として機体内の構成要因を網羅的に並べ、影響を受ける部位が故障しうるシナリオを評価。新たな故障シナリオは抽出されなかった。(×)

※各要素の展開は網羅性を確保して実施

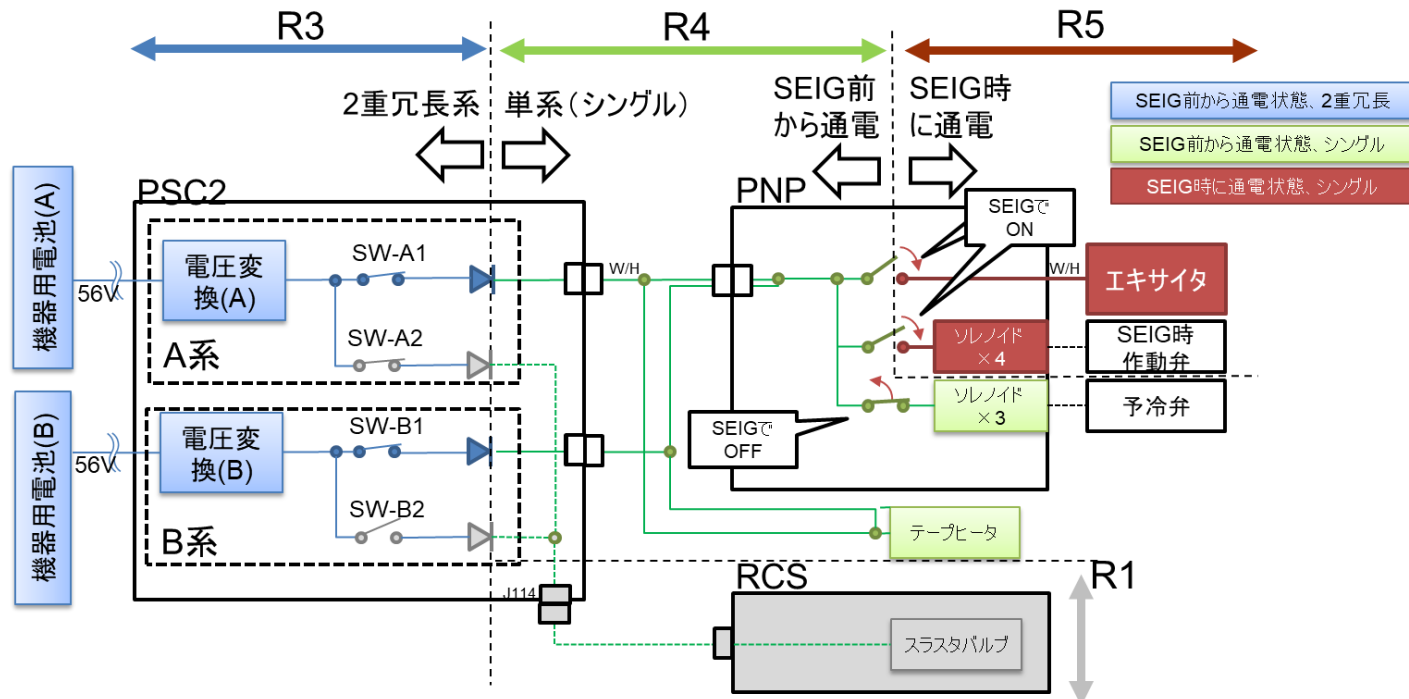
(6月22日調査・安全小委員会公開資料P.27の再掲)

## 2-4 H3固有シナリオの網羅性の確認

### 2-4-1 過電流事象全体の網羅性(再掲)

#### ■ ②A/B系の二重故障に至る故障モードの評価方針

- 二重故障のモードを以下に分類し網羅的に抽出
  - 同一要因(設計が同一)でA/B系の故障が生じるモード
  - 連成要因でA/B系の故障が生じるモード
    - » PSC2と電氣的に繋がっている系統内の連鎖 (【今回補足】PSC2下流を介した連鎖、PSC2内部を介した連鎖)
    - » 上記以外の外部も含む連鎖
- 故障モードを説明可能なシナリオを抽出し、フライトデータ、解析、試験等にて検証



## 2-4 H3固有シナリオの網羅性の確認

### 2-4-2 降圧回路の電圧制御不安定に関する検討の網羅性

#### ■ 網羅性のポイント

- 【観点①】H3ロケット固有要因については、①SEIG時に発生する故障モードおよび②A/B系の二重故障に至る故障モードを網羅的に抽出し、事象に至った可能性のあるシナリオを検討してきた（6月22日の調査・安全小委員会で説明）。この取り組みに抜けが無いことを確認するために、以下の切り口で再整理を行った。
  - システム内に過電流が生じたことをトップ事象としたFTAを再整理した。これに基づき検討の全体網羅性を示す。
  - またFTAの個々のノードを展開する際の視点の網羅性を担保するため、SEIGに至る時間軸上のシステムの動きとPSC2のA/B系の接続状態を網羅的に把握することが必要であり、その整理結果を示す。
- 【観点②】上記の結果として抽出した「PSC2からの過電圧出力による（下流機器orPSC2内での）短絡」というシナリオについて、以下の観点で網羅的な調査・分析と十分な対策立案ができたか。
  - A) PSC2が過電圧を発生させるメカニズムの抽出（←PSC2部品&故障モードの網羅性）
  - B) A)のうち、特に地上試験時/フライト時のテレメータに陽に現れない部品・モードの識別
  - C) 過電流（短絡故障）に至る要素の抽出（←システム内部品短絡評価の網羅性）
  - D) 上記A)～C)を踏まえた対策の立案の十分性

## 2-4 H3固有シナリオの網羅性の確認

### 2-4-2 降圧回路の電圧制御不安定に関する検討の網羅性

#### A) PSC2が過電圧を発生させるメカニズムの抽出

#### B) A)のうち、地上試験時/フライト時のテレメータに陽に現れない部品・モードの識別

- PSC2内部のエンジン駆動電源に関与する**全ての電気素子・部品**に対し想定される**故障モード**を**列挙**し、以下の観点で原因になりえるかを整理した。
  - 最終的にPSC2からの電源出力が**過電圧**となるか
  - フライトテレメではその**故障が検出できない**場合があるか※
- 結果として**降圧回路内の以下3点の部品・故障モード**につき、**上記条件に合致する可能性が残っている**状況であり、詳細検討を継続中。
  - a. FETスイッチおよび駆動回路のオープン故障
  - b. インダクタの短絡故障
  - c. コンデンサのオープン故障

※PSC2の他のBITが必ず検知される、電流・電圧テレメに明確に現れる等のモードは除いた

#### C) システム内部品短絡評価(過電圧印加時)の網羅性

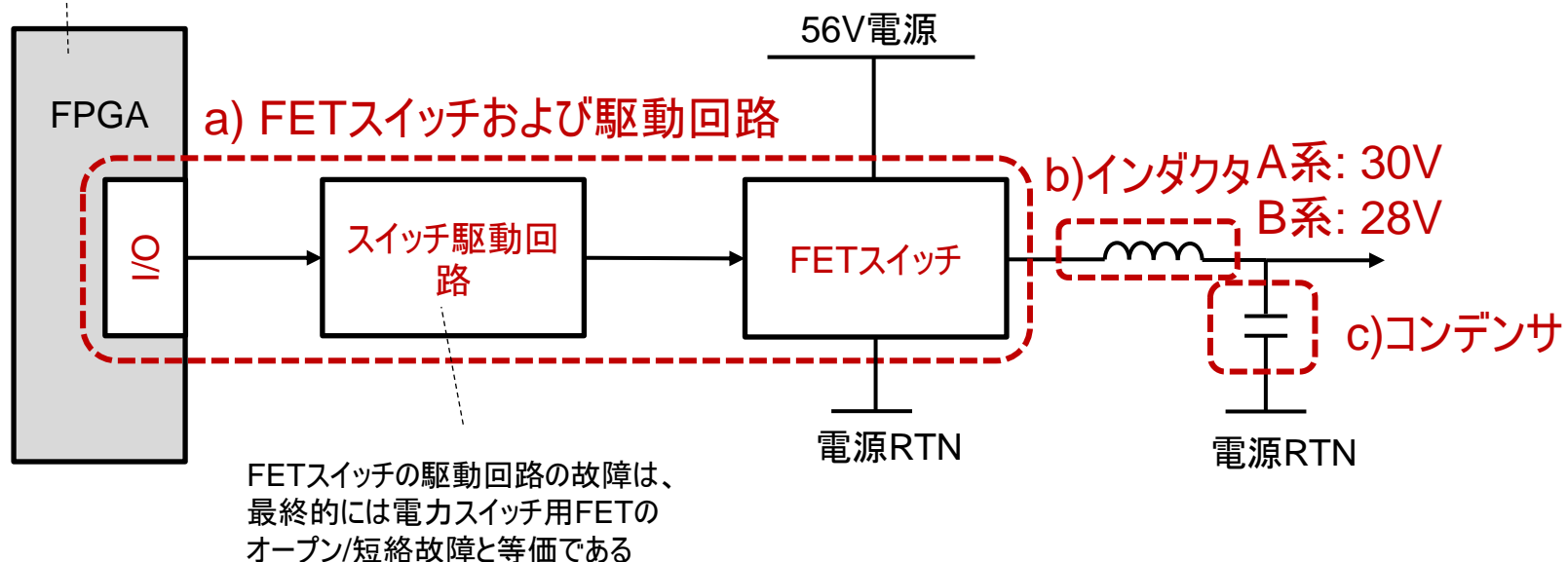
- エンジン駆動電源の負荷として、PSC2および下流機器内に存在する**全ての電気素子**に対し過電圧印加時の**短絡故障リスク**を**評価**した。結果として、PSC2内部の**定電圧ダイオード、PNP/エキサイタのみが対象**となることを確認した。

## 2-4 H3固有シナリオの網羅性の確認

### 2-4-2 降圧回路の電圧制御不安定に関する検討の網羅性

- PSC2降圧回路のブロックダイアグラムは下図の通り。前述の通り、本シナリオに合致する故障モードが残る部品は a) FETスイッチおよび駆動回路、b) インダクタ、c) コンデンサ に絞られている。

FPGA制御ロジックの適切性について別途確認・整理済(後述)



## 2-4 H3固有シナリオの網羅性の確認

### 2-4-2 降圧回路の電圧制御不安定に関する検討の網羅性

#### D) 対策立案の十分性

- 以上A)～C)の検討結果に基づき、PSC2から過電圧を出力しないための対策として6月22日の調査・安全小委員会にて報告した下記の**対策の設定範囲は十分**であったと評価している。
  - ①FPGA制御応答速度が不足するモード  
FPGAの応答速度(制御定数)が不足する場合は、改善する改修を行う。
  - ②回路定数(コンデンサ容量、コイル誘導係数等)の安定性余裕が不足するモード  
回路定数設計上、安定性余裕が不足する箇所が発見された場合は、適宜適切化を行う。
  - ③定電圧ダイオードの過電圧抑制能力を增強
- 上記のうちFPGAの制御定数設定、および回路定数(コンデンサ容量、コイル誘導係数等)の妥当性と安定性について、次ページ以降でまとめる。

## 2-4 H3固有シナリオの網羅性の確認

### 2-4-2 降圧回路の電圧制御不安定に関する検討の網羅性

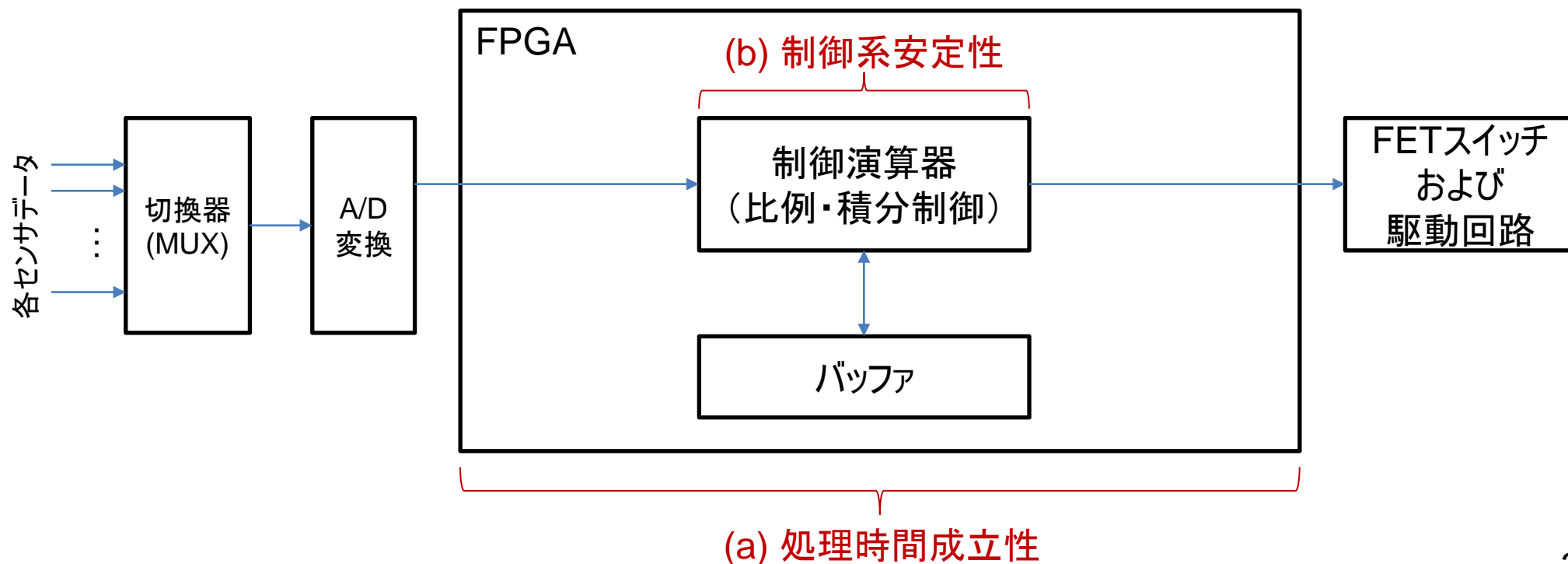
#### D) 対策立案の十分性(つづき): FPGA制御定数設定の妥当性

- 降圧回路内FPGAにおける制御系構成の全体像を下図に示す。

- 以下を確認した。

(a) FPGA制御サイクルが既定の時間の中で処理が成立すること

(b) 電圧制御系としての安定性



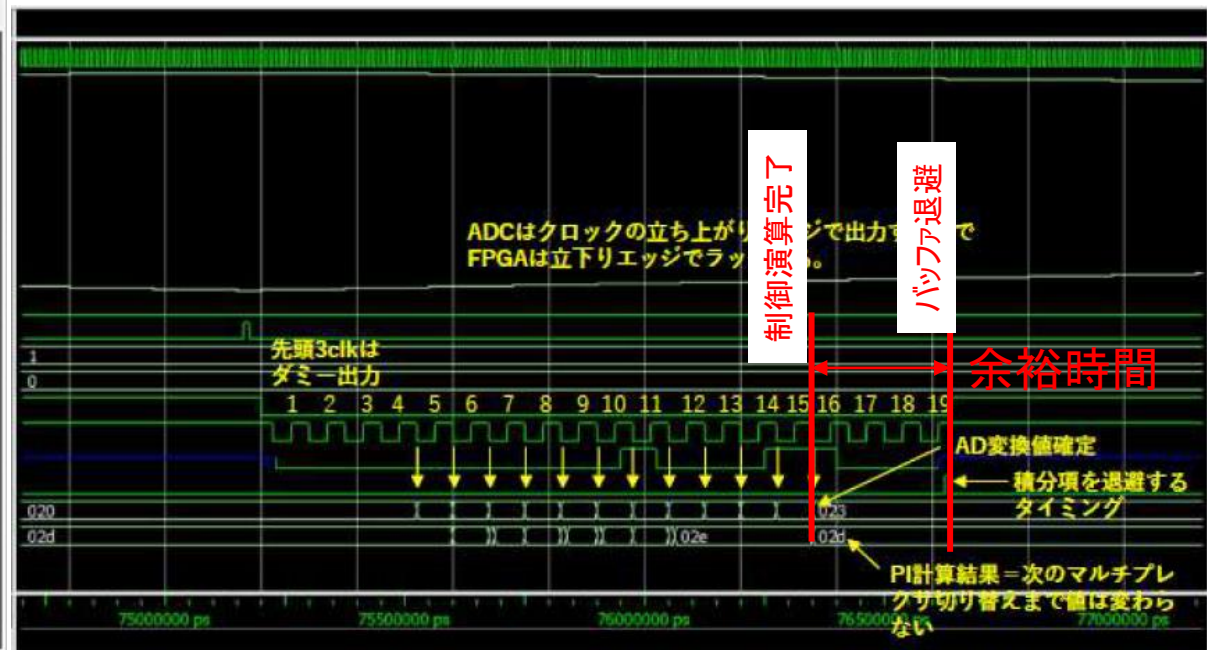
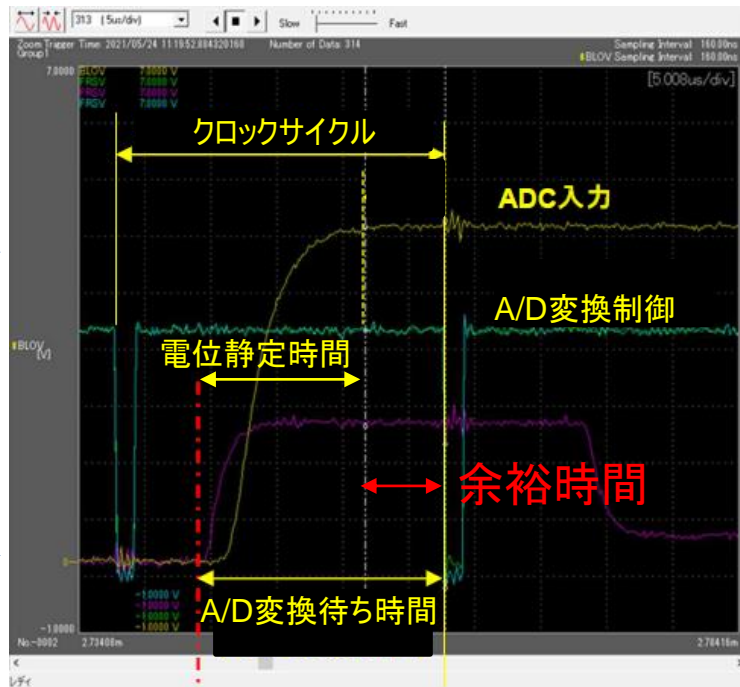


## 2-4 H3固有シナリオの網羅性の確認

### 2-4-2 降圧回路の電圧制御不安定に関する検討の網羅性

#### D) 対策立案の十分性(つづき): (a)FPGA制御サイクルの時間成立性

- MUX切替→AD変換(サンプル)→制御演算(比例・積分制御)→PWMデューティ制御の一連のシーケンスに関するタイミング設計は以下の観点で**妥当**であることを確認した。
- MUX切替後からAD変換が行われるまでのタイミングに対し電位静定にかかる時間は相対的に短く、安定である。
- 制御演算完了からPWMデューティ更新、バッファ退避までの時間余裕は十分ある。



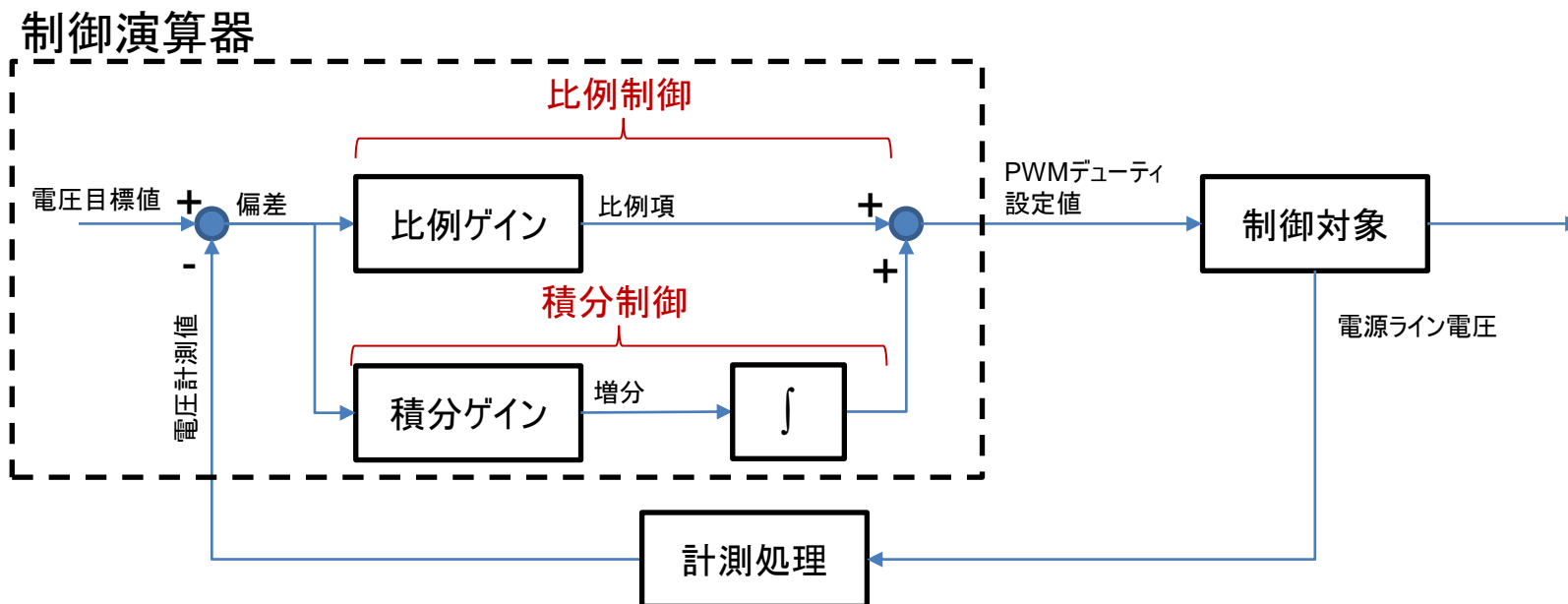
△ マルチプレクサ切替指示

## 2-4 H3固有シナリオの網羅性の確認

### 2-4-2 降圧回路の電圧制御不安定に関する検討の網羅性

#### D) 対策立案の十分性(つづき): (b) 電圧制御系としての安定性

- 電圧制御演算系のブロックダイアグラムを下図に示す。
- フィードバック制御に用いる制御演算則(比例・積分制御)において使用される各ゲイン設定は以下の観点で妥当であることを確認した。
  - 比例ゲイン、積分時間のパラメータスタディの結果、ゲイン余裕・位相余裕が十分あること。
  - 実機システムに対する外乱入力に対する一巡伝達関数のゲイン余裕、位相余裕の実測結果が十分あること。



## 2-4 H3固有シナリオの網羅性の確認

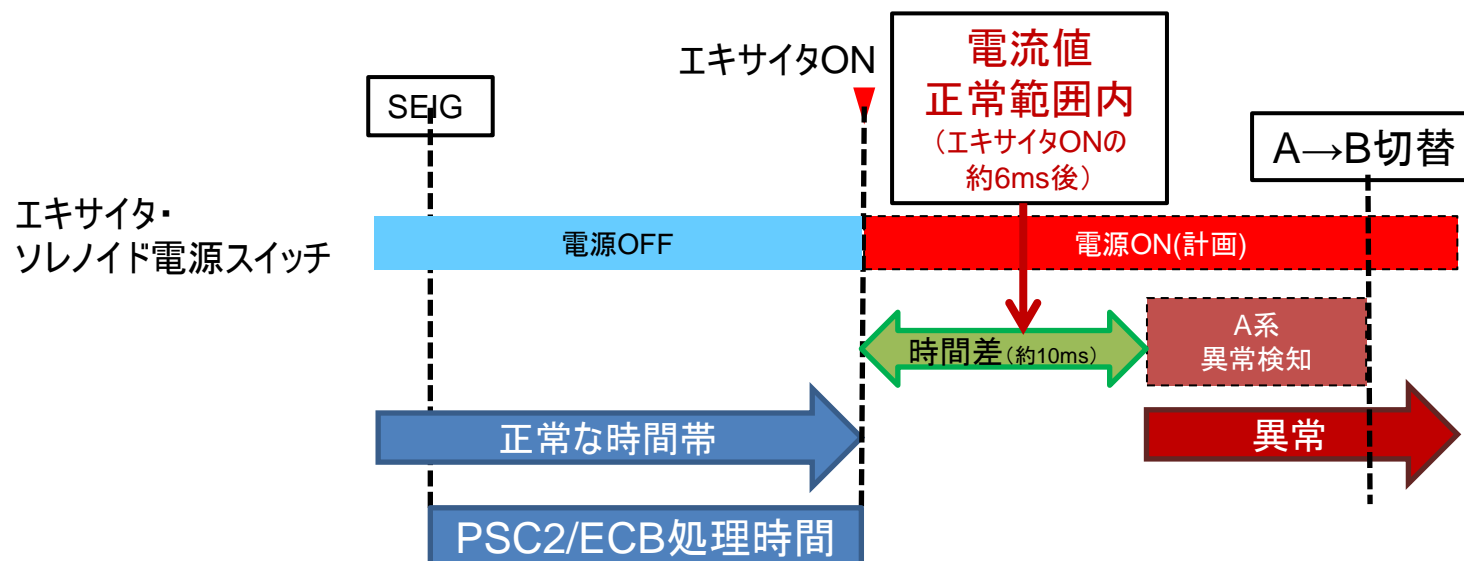
### ■ 網羅性確認結果のまとめ

- 【観点①】H3ロケット固有要因について、①SEIG時に発生する故障モードおよび②A/B系の二重故障に至る故障モードの抽出が網羅的であることを確認した。
  - 過電流をトップ事象としたFTAを再整理し、検討が全体を網羅していることを確認した。
  - SEIGに至る時間軸上のシステムの動きとPSC2のA/B系の接続状態を網羅的に整理した。
- 【観点②】上記の検討の結果として抽出したH3固有シナリオ（PSC2からの過電圧出力による短絡）について、以下の観点で網羅的な調査・分析・対策立案ができていることを確認した。
  - A) PSC2が過電圧を発生させるメカニズムの抽出（←PSC2部品&故障モードの網羅性）
  - B) A)のうち、特に地上試験時/フライト時のテレメータに陽に現れない部品・モードの識別
  - C) 過電流（短絡故障）に至る要素の抽出（←システム内部品短絡評価の網羅性）
  - D) 上記A)～C)を踏まえた対策の立案の十分性

## 2-5 時系列の詳細検討

### ■ 過電流発生の開始タイミングの推定

- 6月22日の調査・安全小委員会にて、「下図のエキサイタ・ソレノイド電源スイッチON(以下、「エキサイタON」と言う。)」と、A系からB系への切替の電流データ(PSC2よりも上流にあるV-CON2の電流データ)が計測されたタイミングから評価した「A系が過電流検知を開始したタイミング」には、約10msの時間差があることを報告した。
- V-CON2の電流データの更なる分析を進め、**エキサイタONの約6ms後の電流値は正常範囲内**であり、このタイミングまでは**電流の大きな変化は発生していない**ことを確認した。
- 上記2つの分析結果から、「**エキサイタONの約6msから約10msの間に電流値が増加**」した可能性がある。この分析を踏まえ、**否定できる故障モード**があるか、詳細な分析を継続中。



## 2-6 試験結果

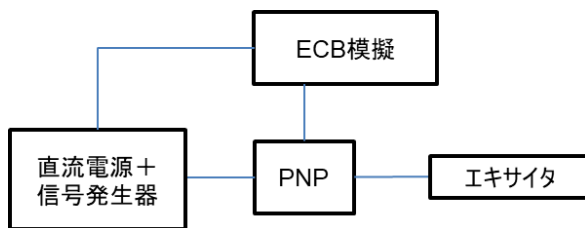
### 2-6-1 下流機器 (PNP、エキサイタ) の過電圧試験 (固有シナリオNo.1)

#### ■ 目的

PSC2内の部品が故障していたケースを含め、PWM制御の不安定に伴って過電圧を出力した場合を想定し、以下条件の電圧を下流機器 (PNP・エキサイタ) 印可し挙動を評価する。

#### ■ 試験条件および結果サマリ

想定される過電圧モード (条件①～③) に加え、より厳しい電圧である④の条件でも異常に至っていないため、現時点で過電圧によりPNP・エキサイタを短絡故障させるモードは確認されていない。



試験コンフィギュレーション

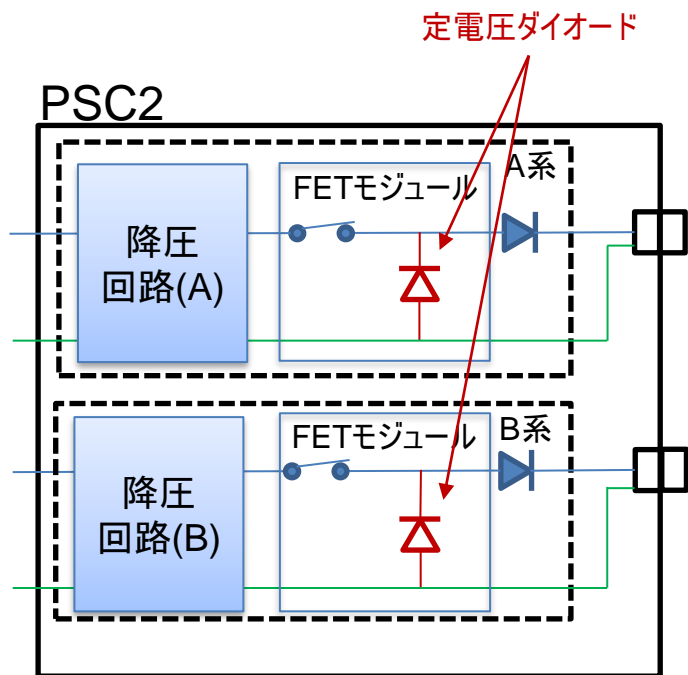
試験条件	試験結果
<b>①リップル振幅 + 周波数変化 (2-4-2① B)C)</b> ・印可時間：20ms ・電圧：30V ± 9Vo-p, 15Vo-p ・周波数：100Hz → 4kHz (スイープ), 10kHz, 20kHz	異常なし
<b>②ステップ状過電圧 (2-4-2① A)</b> ・印可時間：20ms ・電圧：35V ~ 60V (5V毎)	異常なし
<b>③パルス状過電圧 (2-4-2① B)</b> ・印可時間：1ms ・電圧：50V ~ 100V (10V毎)	異常なし
<b>④ステップ状過電圧 (過負荷試験)</b> ・印可時間：20ms ・電圧：65 ~ 100V (5V毎)	異常なし

## 2-6 試験結果

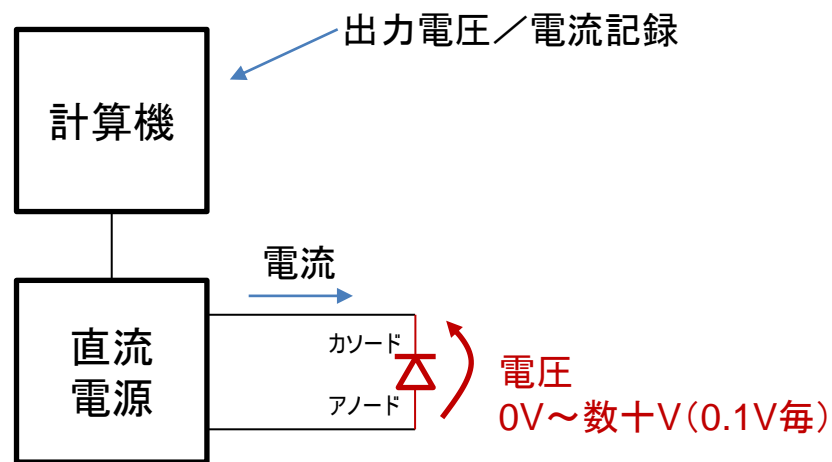
### 2-6-2 定電圧ダイオードの過電圧試験(固有シナリオNo.2)

#### ■ 試験の目的

- PSC2 PWM制御が不安定となり過電圧が出力されたことを想定し、PSC2内FET(スイッチ)モジュールに実装しているものと同じ定電圧ダイオード単体20サンプルに対し、過電圧を印加し降伏電圧の傾向評価を行う。



PSC2概略図



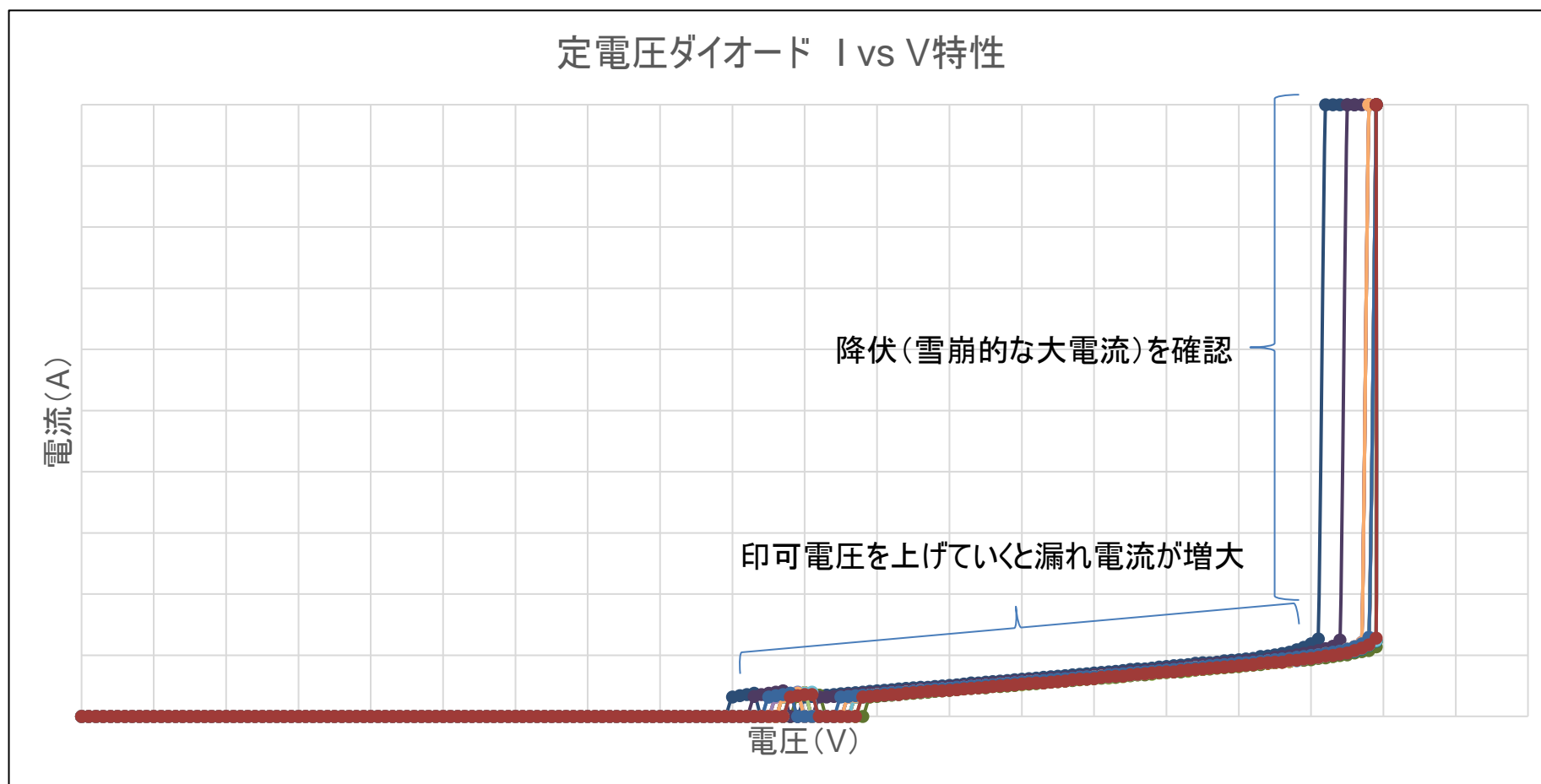
評価試験コンフィギュレーション

## 2-6 試験結果

### 2-6-2 定電圧ダイオードの過電圧試験(固有シナリオNo.2)

#### ■ 試験結果(降伏電圧)

- 20サンプルいずれも**ほぼ一定の電圧で降伏(雪崩的な大電流が発生)**していることを確認
- 降伏後ダイオードのカソード-アノード間 抵抗値は**全ケース短絡状態**であることを確認



## 2-6 試験結果

### 2-6-3 実機大1/2段分離試験

#### ■ 実機大1/2段分離試験

- TF1で1/2段分離時の2段機体各部の衝撃レベルが環境条件規定値を超過したことを受け、開発時には実施していなかった、タンク間構造以下の構造体を含めた実機相当の2段機体および実火工品を使用した1/2段分離試験を2回に分けて実施し、以下を直接確認した。

- ① 実火工品作動時の2段各部の衝撃レベル
- ② システムレベルの1/2段分離関連の故障モード(未知の故障シナリオの抽出と検証を含む)

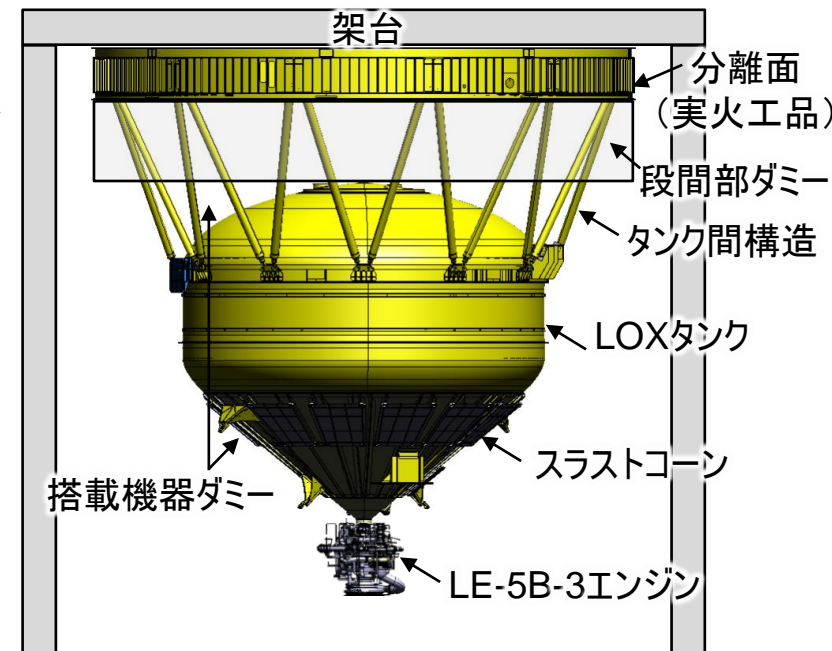
- 実機模擬度を向上させた全2回の試験を完了した。

- ① 実火工品作動時の2段機体各部の衝撃レベルを取得し、実機の衝撃環境条件を適切に見直した(見直しの結果、必要な機器については再認定試験を実施する)。

(2回目の試験では、搭載機器質量の模擬および1回目の試験結果に基づく計測位置の適正化等により、特にスラストコーン上の各機器の衝撃環境について、実機の環境を精度よく測定することができた。)

- ② 2回目の試験ではPSC2の実機を搭載。試験後の分解点検で、基板間の接続コネクタにわずかな隙間(許容値1.5mmに対し約1mm)があることを確認した。2段不着火事象との関連性について検討中。

- ③ その他、2段エンジン着火に関連する各機器の衝撃環境は想定範囲内<sup>(\*)</sup>であり、1/2段分離に関連するシステムレベルの故障モードや未知の故障シナリオは抽出されなかった。



試験コンフィギュレーション

(\*) 4月27日有識者会合資料のP33参照



### 3. まとめと今後の進め方

#### ■ 原因究明結果と対策

- FTA上の一部絞り込みは進んだが、現時点でシナリオの絞り込みには至っていない。
- これまでの検討の網羅性を整理し、抽出しているシナリオの範囲に抜け漏れはなく、対策の設定範囲が十分であることを確認した。
- 時系列の詳細な評価と分析を進め、エキサイタへの通電開始後、約6msから約10msの間に電流値が増加した可能性がある。
- 検証試験等を進めているが現時点で要因の特定には至っておらず、複数のシナリオの詳細検討を並行して進めている状況。
- 最終的に、複数の要因が可能性として残る場合には、それらの要因全てに対して対策を講じる。

#### ■ 今後の進め方

- 検証作業および詳細検討によりシナリオの絞り込みを進め、H3ロケット打上げ再開に向けて採用する対策を具体的に決定する。
- 上記を踏まえつつ、背後要因の分析と水平展開について整理を進める。

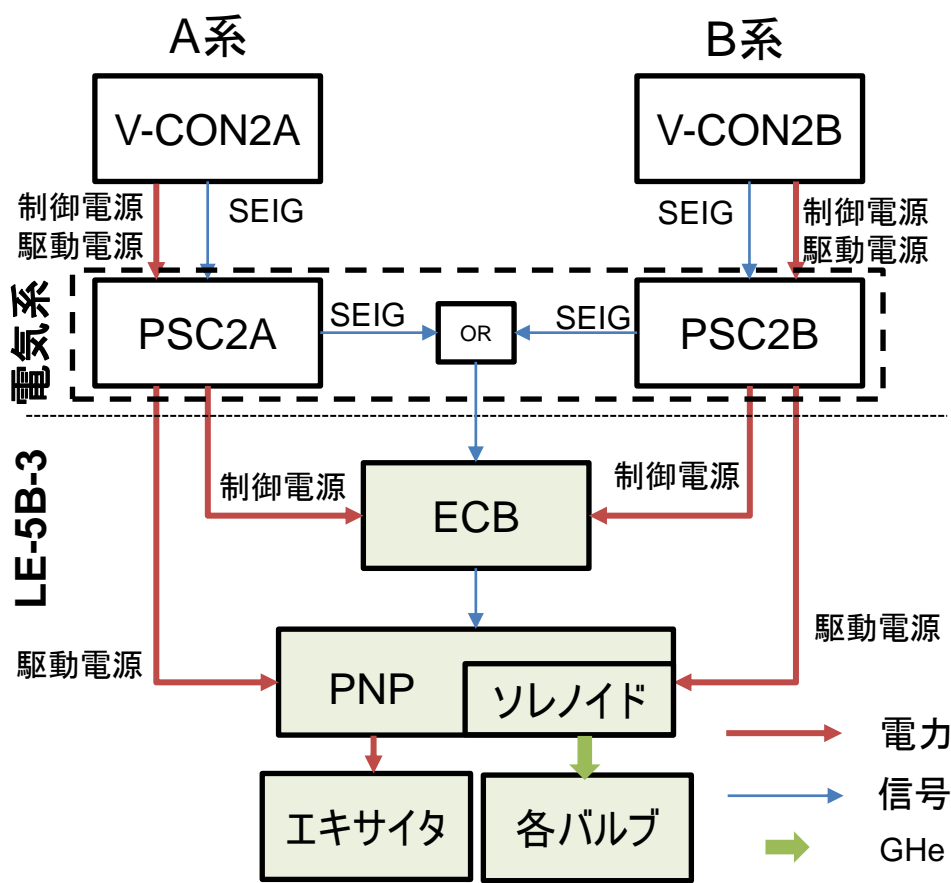
---

# 參考資料

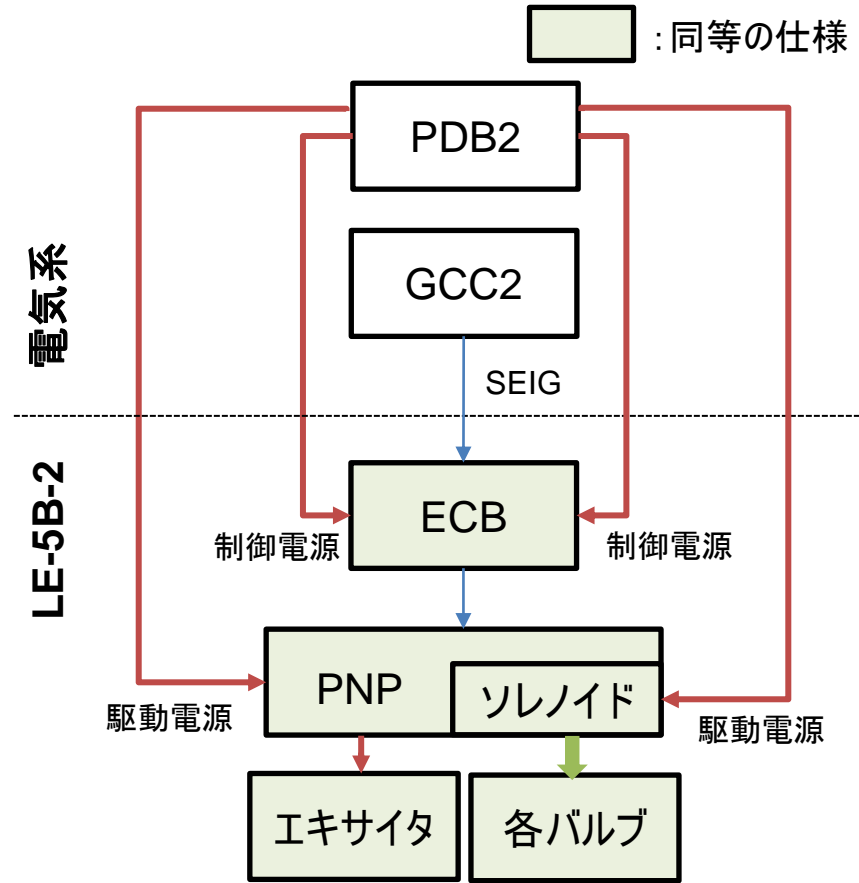
# H3ロケットとH-IIAロケットの電気系統の違い

## ■ 機体電気系統含めた変更点

- H3ロケットでは第2段の制御系を冗長構成(A系/B系)にしている。
- H-IIAロケットは機器はシングル構成であるが、機器間のラインを冗長にしている。電力分配器(PDB2)に下流機器の電圧・電流の異常検知機能はない。



2段エンジン制御接続系統図(H3)

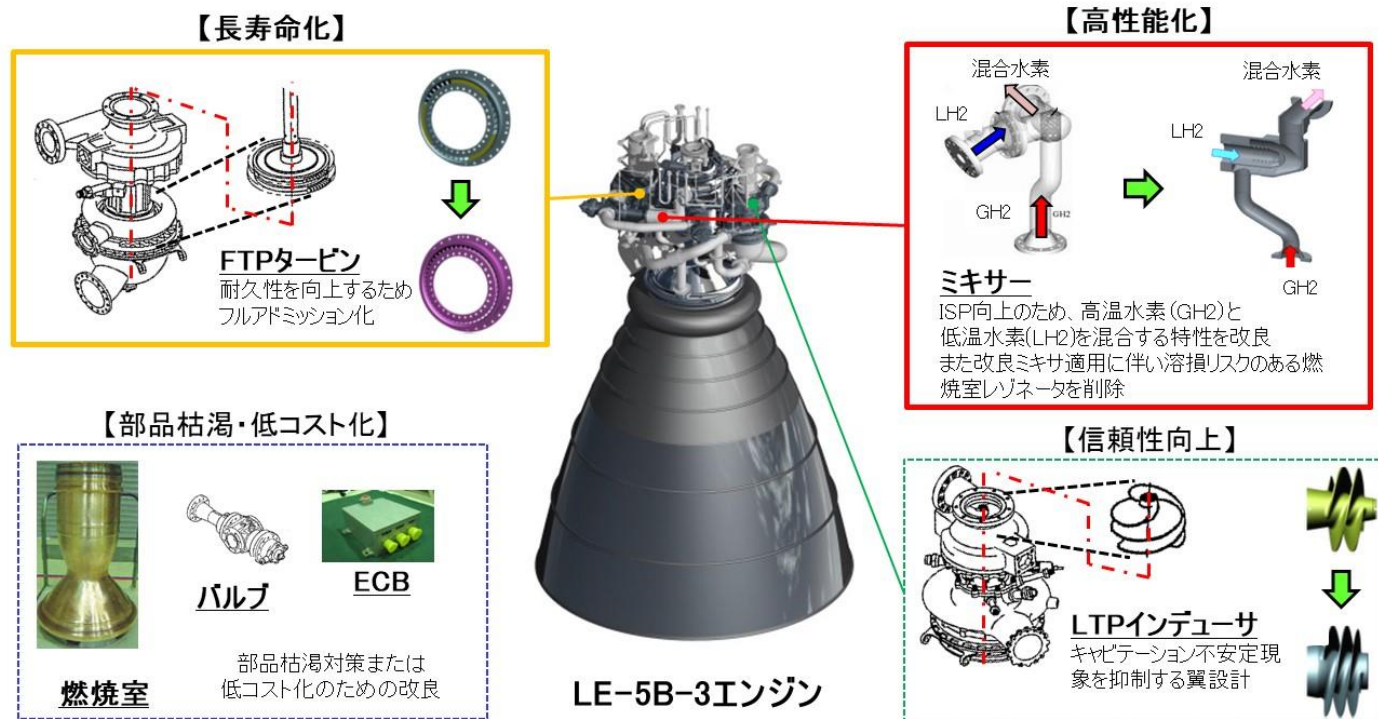


2段エンジン制御接続系統図(H-IIA)

# LE-5B-2とLE-5B-3の違い

## ■ LE-5B-3改良サマリ(LE-5B-2からの変更点)

- H3用2段エンジン(LE-5B-3)は、ロケットシステムからの要求に応えるため、H-IIA用2段エンジン(LE-5B-2)に対して**性能および寿命の向上**を図る改良型である。
- その他、開発費とリスクを極力増加させない範囲で信頼性向上・部品枯渇対策等を目的とした各コンポーネントの改良を行う。
- **エンジンの搭載機器は基本的に同等**である。



# 略語集

略語	日本語名称	説明
V-CON2A V-CON2B	2段機体制御コントローラ	ロケットの飛行制御を司る計算機。自身の位置・速度・姿勢情報をもとにエンジン制御・ガスジェット制御・エンジン舵角制御等の機体制御信号を生成し、各サブシステムコントローラへ指示を行う
PSC2A PSC2B	2段推進系コントローラ	V-CON2からの指示を受け、タンク圧制御、エンジン制御、ガスジェット制御等の推進系サブシステム制御を行う
ECB	エンジン・コントロール・ボックス	エンジンの始動停止時にバルブの開閉タイミングを決定する制御装置
PNP	ニューマティック・パッケージ	エンジンバルブ駆動用ヘリウムガスの供給や点火器エキサイタスパークプラグの駆動を制御する装置
RCS	2段ガスジェット装置	PSC2からの電力供給および制御信号に基づき、ロケットの姿勢制御およびアレッジ制御を行う装置
MECO	1段エンジン燃焼停止	1段エンジンの推力低下・燃焼停止のこと。またはその検知信号
SEIG	2段エンジン着火	2段エンジンを着火すること。またはそのためのコマンド信号
SELI	2段エンジン立ち上がり検知	2段エンジンの推力が立ち上がり、定常燃焼に移行すること。またはその検知信号
BAT	電池	内部電源。充電式リチウムイオンバッテリー
GCC2	2段誘導制御計算機	H-IIAの飛行制御を司る計算機
PDB2	2段パワーディストリビューションボックス	H-IIA第2段の各機器への電力供給、推進系バルブの駆動を行う装置
BIT	Built-In Test	組込み自己診断プログラム
EMC試験	電磁適合性試験	電気・電子機器等において、他の機器の動作を妨げる不要な電磁波を出さないことや、他の電磁妨害からの耐性を有することを評価する試験のこと