



H3ロケット試験機1号機 打上げ中止の原因調査と対応について

2023年3月3日
宇宙航空研究開発機構
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

発生事象

- 自動カウントダウンシーケンス(図1)において、「LE-9エンジンスタート」のステップまで進行し、LE-9エンジンは着火した。その後、LE-9エンジンが立ち上がり、**打上げ条件^{【注1】}は成立**した(フライトロックイン(FLI))。
【注1】打上げ条件:LE-9エンジンの立ち上がり(推力90%相当)と各機器の作動状態が正常であることを自動判定
- 打上げ条件成立後、**リフトオフ直前までの異常監視中に1段機体制御コントローラが異常信号を検知**したことから、**固体ロケットブースタ(SRB-3)への点火信号の送信を自動停止、安全な状態に移行**した。SRB-3に異常はない(フェイルセーフ設計が機能)。
- H3ロケット、衛星(ALOS-3)、および地上設備に損傷は生じていない。

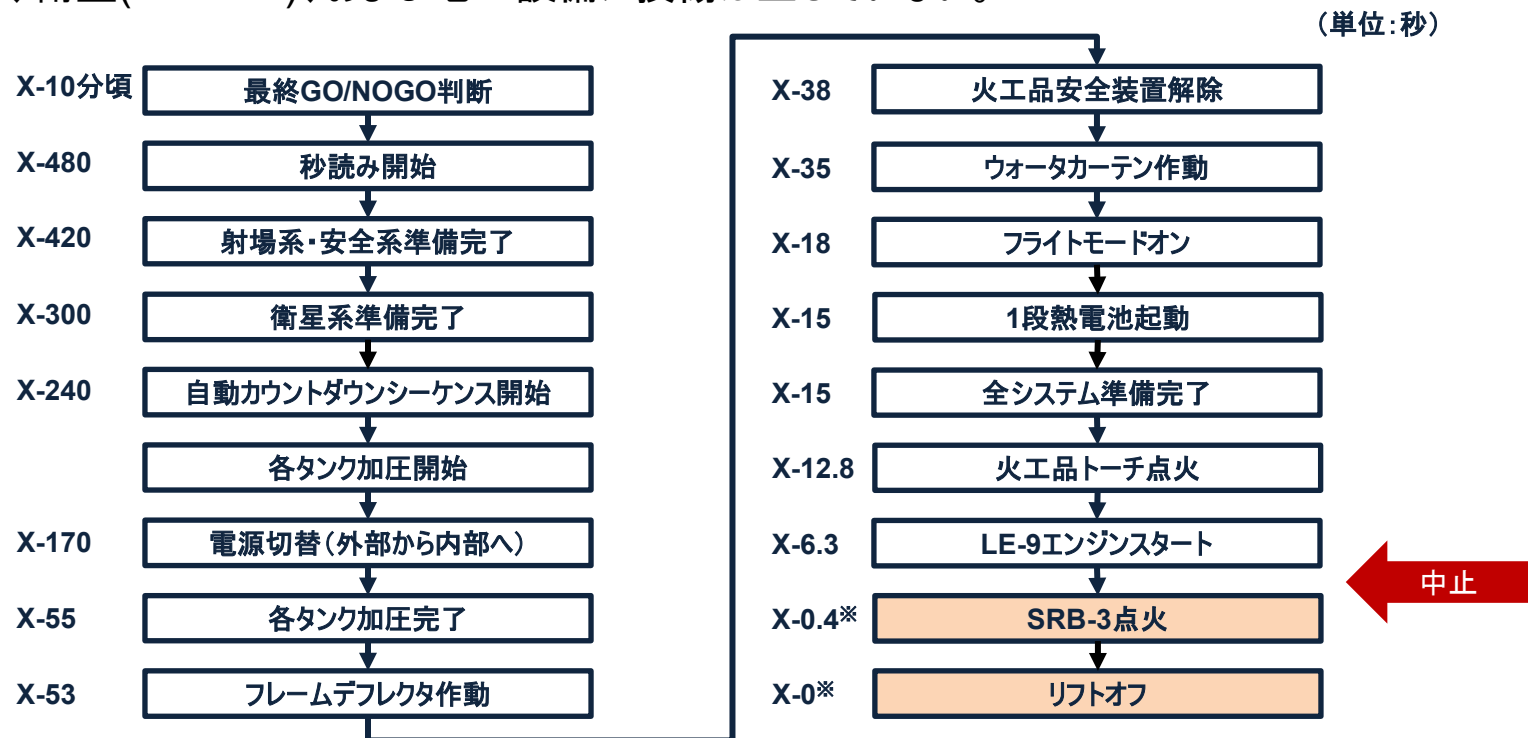


図1 H3ロケットのカウントダウンシーケンス

※フライトロックイン基準のため、参考値

【参考】H3ロケットの電気系システム構成(イメージ)

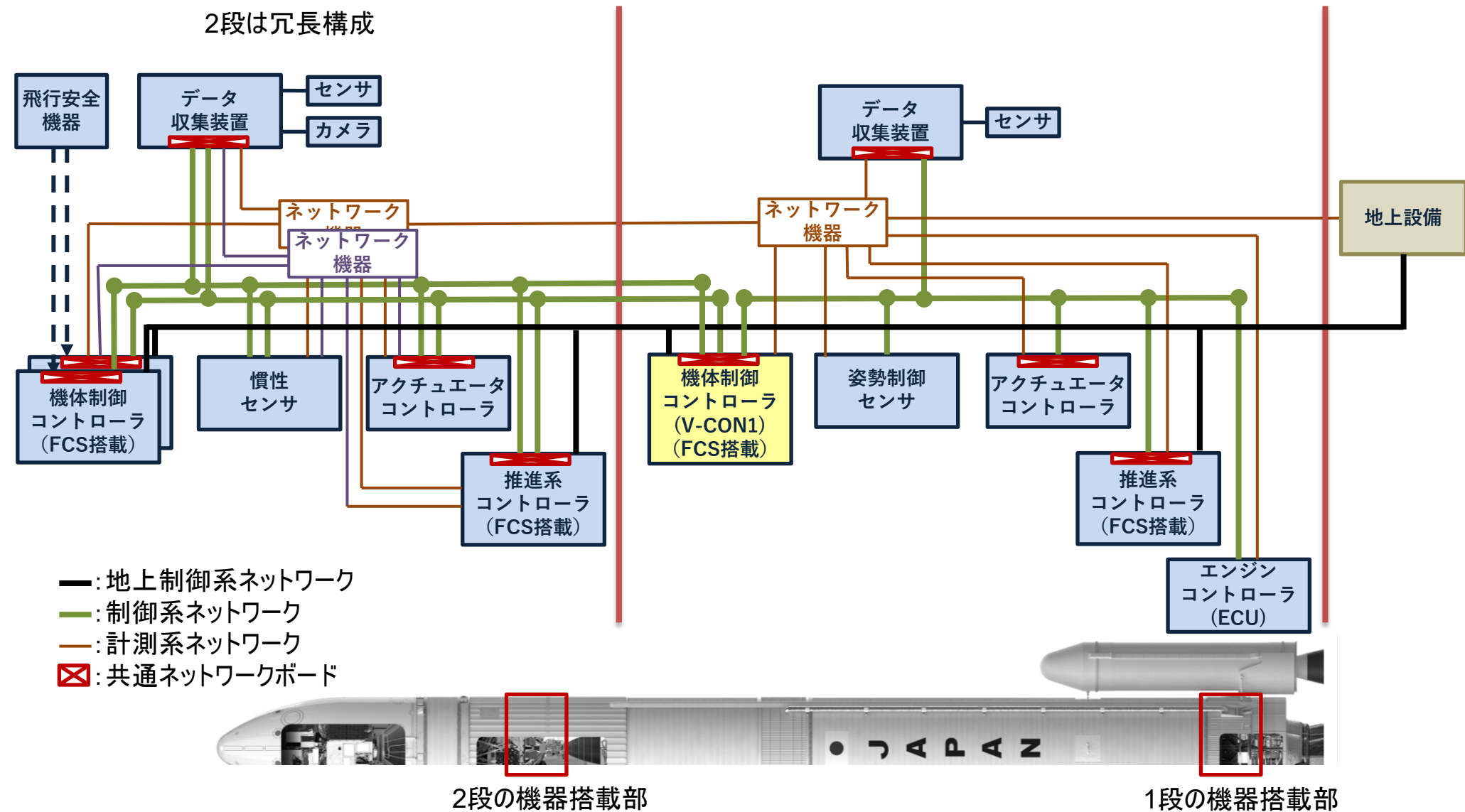


図2 H3ロケットの電気系システム構成

原因調査の状況

- 打上げ条件成立後、SRB-3の点火信号送信前に、1段機体制御コントローラが異常信号を検知し、飛行制御ソフトウェアが以降のシーケンスを停止（図3）。
- 異常内容：1段エンジン用電源供給系統における異常（図4）
- この事象に対して原因調査では、機体や地上設備の電氣的な挙動が影響を与えた可能性が高いところまで原因を絞り込み、詳細な原因調査を行い、必要な対策を実施した。

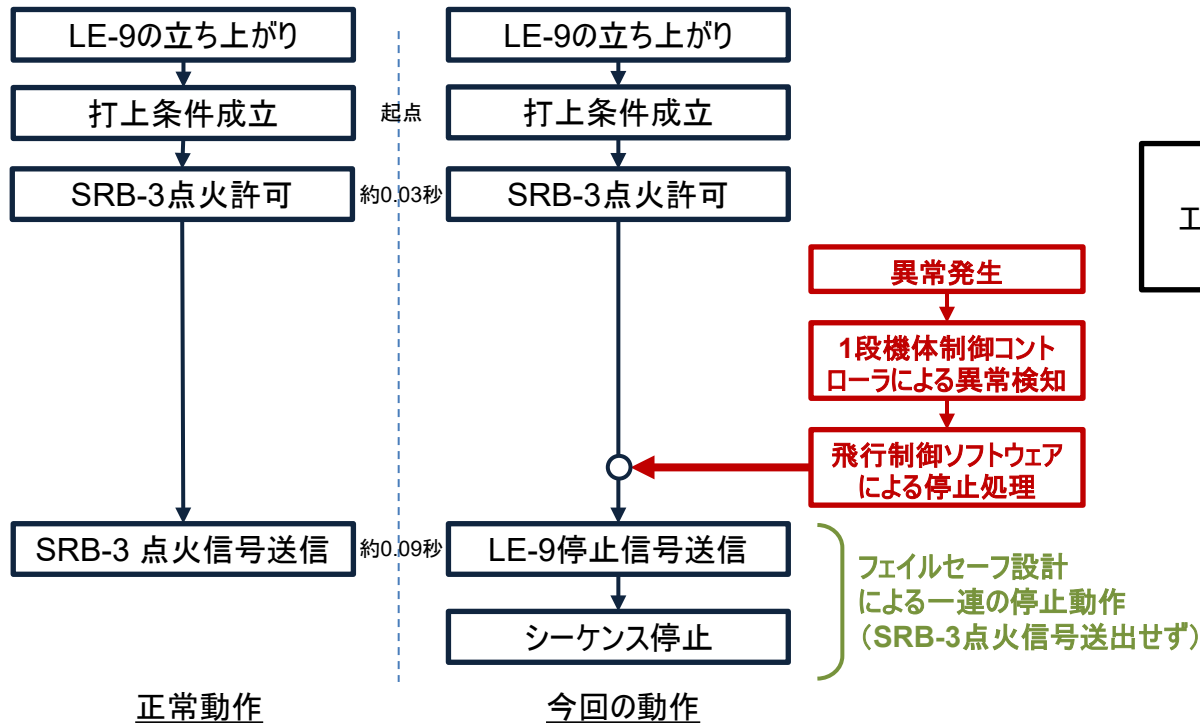


図3 動作フロー

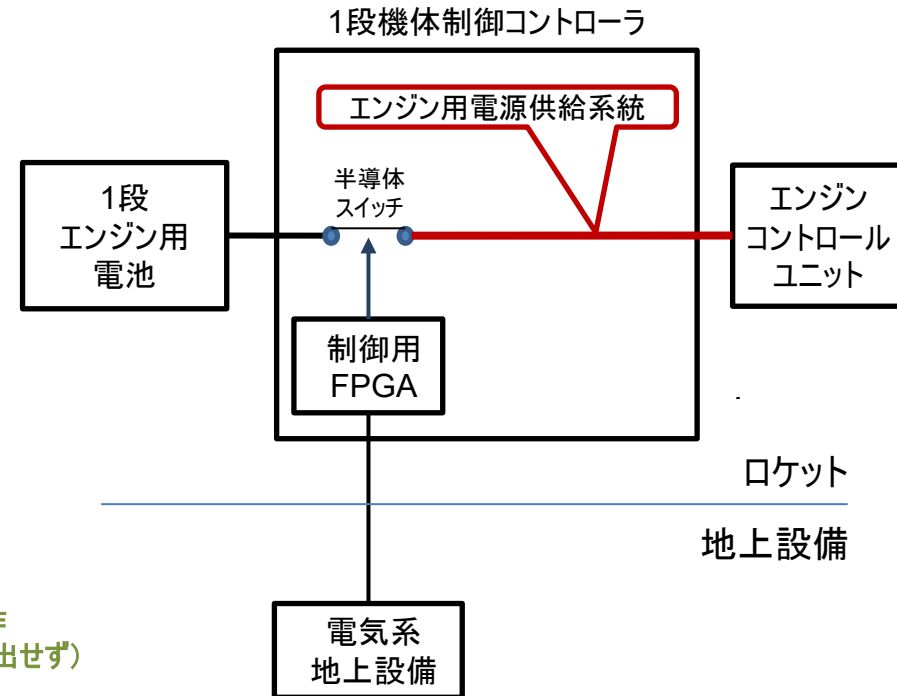


図4 1段機体制御コントローラ周辺の概略図

原因調査の結果

- 原因調査として、機器単体や種子島宇宙センターでの実機を用いた検証試験、ソフトウェアおよび回路の専門家レビュー等に基づき、故障の本解析を中心に原因の絞り込みを実施。
- その結果、フライトロックインの直後に、機体と地上設備との**電氣的離脱**^{【注1】}が行われる際、**地上との通信・電源ライン遮断時の過渡的な電位変動**が影響し**機体制御コントローラ（V-CON1）が誤作動**したものと推定。

【注1】電氣的離脱：リフトオフ時の物理的な遮断（＝アンビリカル離脱）に先立ち、フライトロックイン後に電源ラインおよび通信ラインの電気信号を遮断する操作

- 現象に至るシナリオは以下のとおり。
 - ① 電氣的離脱
 - ② 電氣的離脱時の過渡的な電位変動によりV-CON1内で誤ったコマンドを検知
 - ③ 半導体スイッチをOFF

【注】 ○数字は、図5に対応

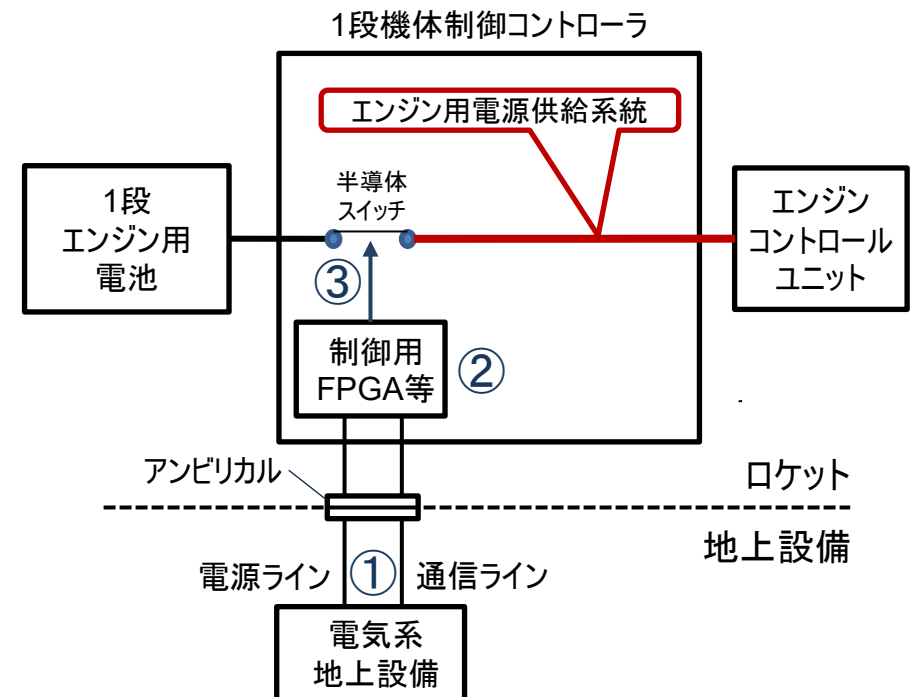
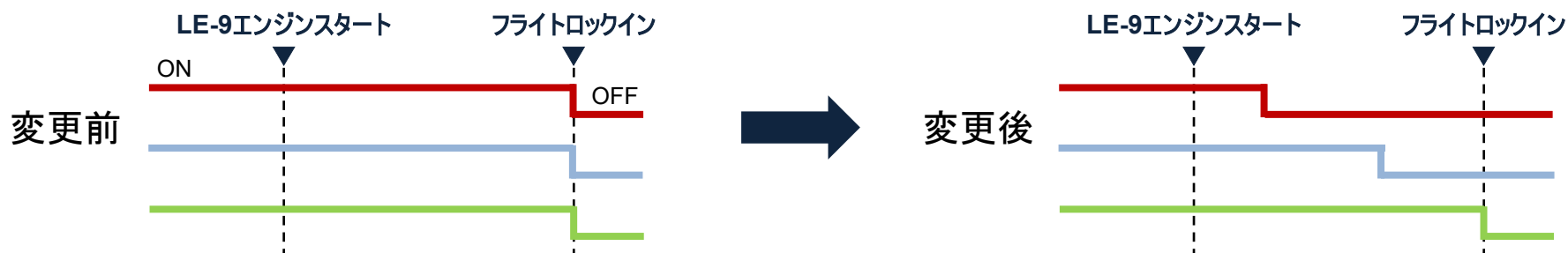


図5 1段機体制御コントローラ周辺の概略図

対応策と今後の予定

■ 対応策

- 電氣的離脱手順の見直し: **地上設備からの通信・電源ライン**をこれまで一括で遮断していたところを、一定の時間差で遮断するよう変更し、**遮断時の過渡的な電位変動を抑制**。検証試験にて、対策の有効性を確認。
- 遮断のイメージ(本数、タイミング等は実際と異なる)

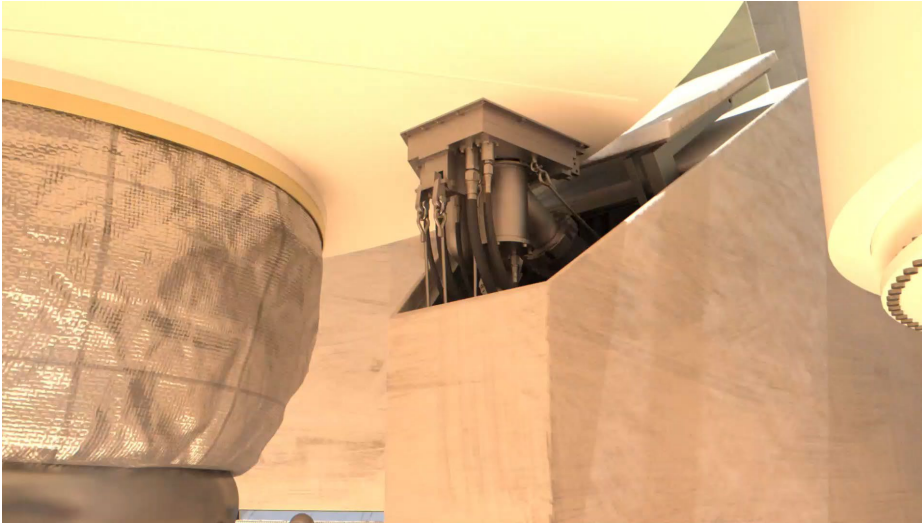


- 水平展開: 地上設備との過渡応答があり得る他の系統を確認し、必要に応じ同様に対策。

■ 今後の予定

- 打上げ日を「**2023年3月6日(月) 10時37分55秒～10時44分15秒**」とし、以下を実施。
 - 3月3日: L-3作業(システム点検、電池最終充電等)
 - 3月4日: L-2作業(火工品結線、クローズアウト等)、カウントダウン移行前確認会
 - 3月5～6日: L-1/L-0作業
- なお、**対応策の最終的な検証として、L-1の機体移動後にデータ取得**する予定。

【参考】アンビリカル離脱（イメージ）



1 段アンビリカル離脱



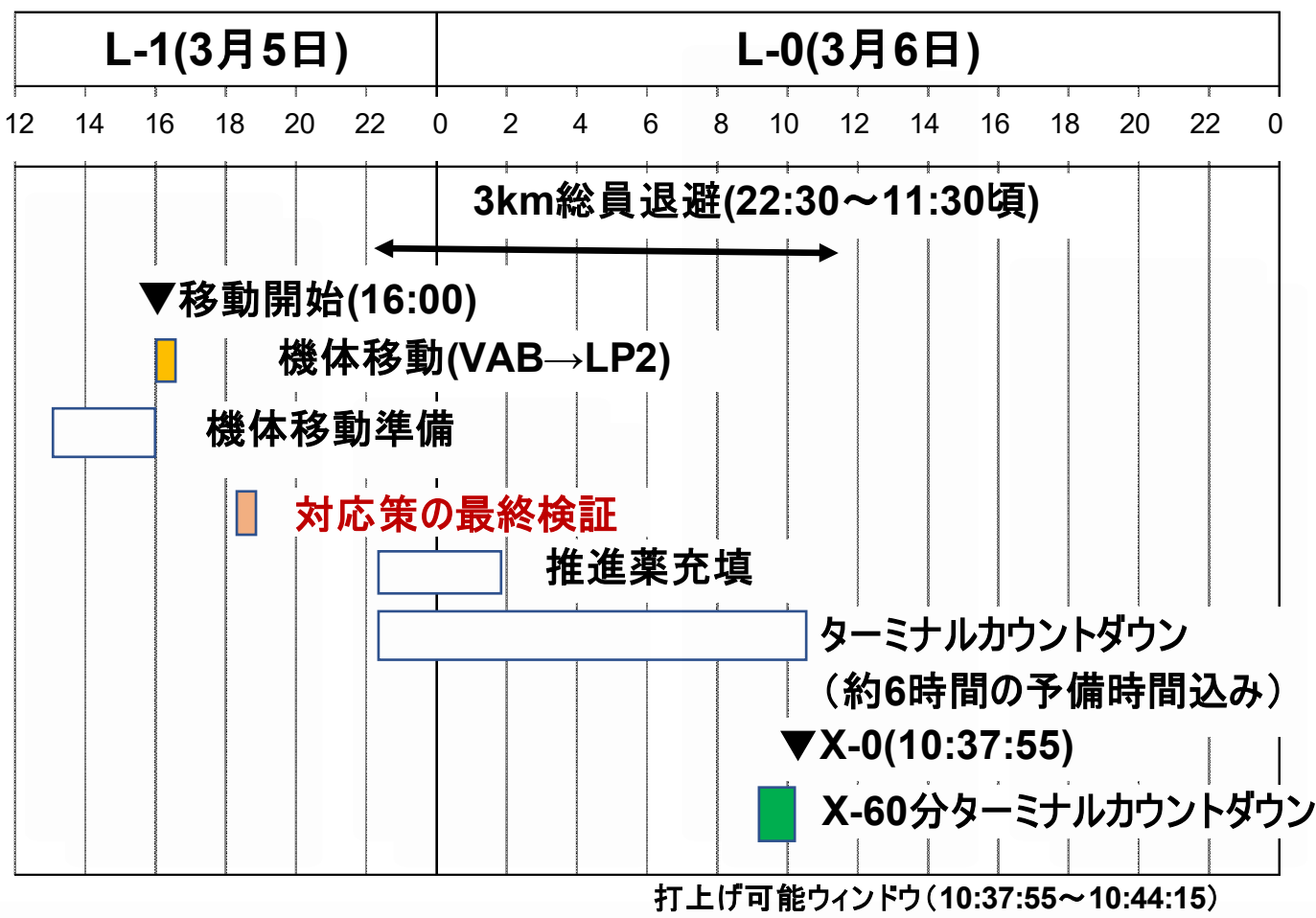
2 段アンビリカル離脱

【参考】試験機1号機と移動発射台（ML5）



打上げ当日(L-1、L-0) 主要スケジュール

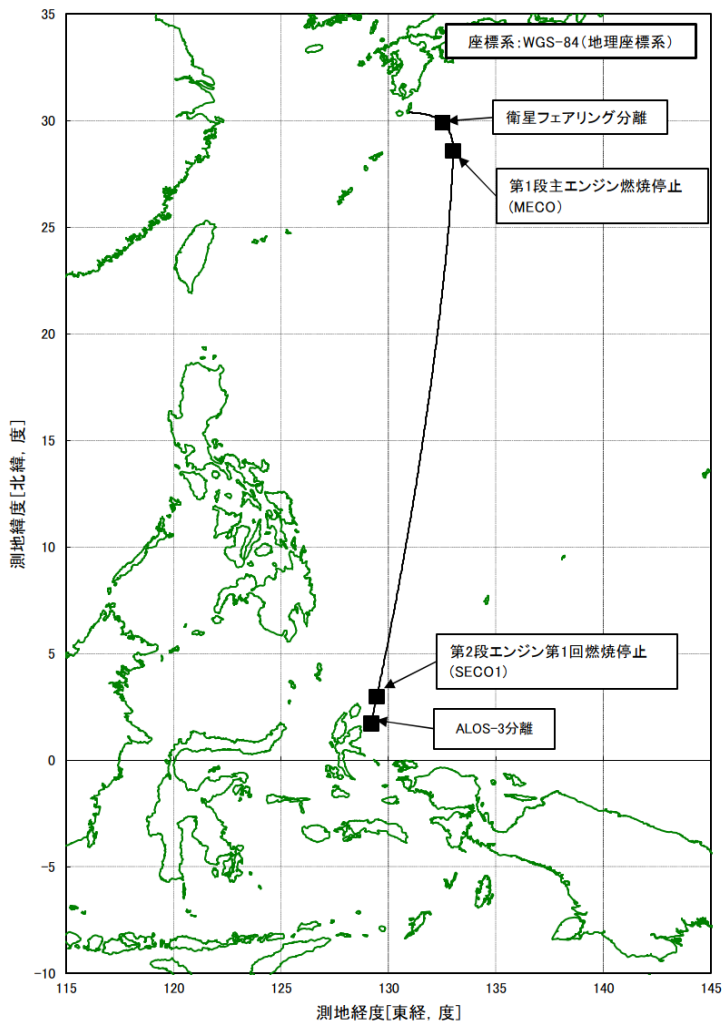
- 打上げ中止事象を受けた対応策の最終検証の追加以外に、2月17日打上げ時点からの変更はない。



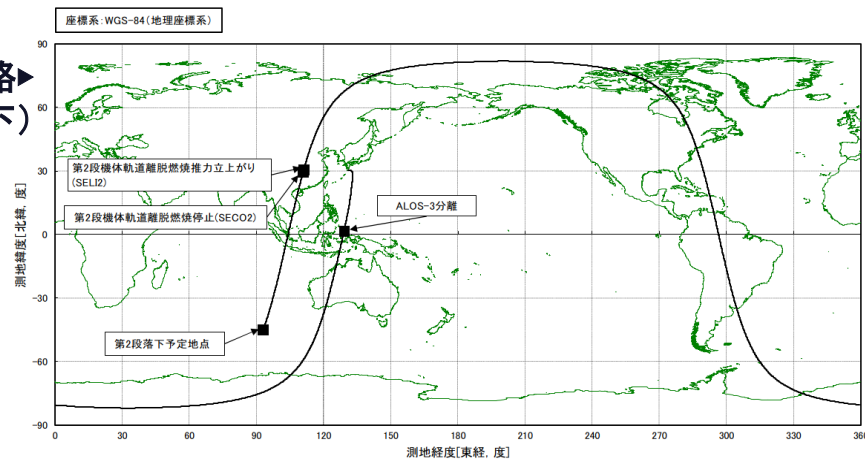
- 主要判断タイミング
- L-1 (3月5日)
 - 12:00頃 第1回GO/NOGO判断
 - 22:00頃 第2回GO/NOGO判断
- L-0 (3月6日)
 - 9:40頃 第3回GO/NOGO判断 (X-60分頃)
 - 10:30頃 最終GO/NOGO判断 (X-10分頃)

飛行計画

■ 2月17日打上げ時点からの変更はない。



飛行経路▶
(打上げ～第2段制御落下)



リフトオフ後秒時(s)	イベント
0.000	リフトオフ
116.217	SRB-3分離
211.355	衛星フェアリング分離
296.410	主エンジン燃焼停止 (MECO)
303.399	第1段・第2段分離
315.840	第2段エンジン第1回推力立上り (SEL11)
982.019	第2段エンジン第1回燃焼停止 (SECO1)
1002.871	ALOS-3分離
6424.837	第2段エンジン第2回推力立上り (SEL12)
6442.193	第2段エンジン第2回燃焼停止 (SECO2)

◀飛行経路
(打上げ～ALOS3分離)

打上げ制約条件

■ 2月17日打上げ時点からの変更はない。

系	対象	制約条件
ロケット系	風	制限風速以下であること。 (1)機体移動中 【制限風速】15m/s(最大瞬間風速) (2)射座起立時 【制限風速】22.4m/s(最大瞬間風速) (3)発射時 【制限風速】20.0m/s(最大瞬間風速)
	雨	(1)機体移動中の降雨は15mm/hr以下かつ降り始めから作業終了までの連続雨量が50mm以下であること。 (2)機体移動後は降雨強度50mm/hr以下であること。降氷がないこと。 (3)発射時の降雨は20mm/hr以下であること。
	雲	積乱雲の中を飛行経路が通過しないこと。
	雷	発射前及び飛行中において機体が空中放電(雷)を受けないこと(ただし、発射時の詳細な気象観測による)。
	高層風	(1)飛行中の機体を受ける荷重が設計荷重を超えないこと。 (2)主エンジン・トータル舵角が制限値未満であること。 (3)各投棄物の落下点がそれぞれの落下予測区域内にあること。
	各設備	地上設備が正常に動作すること。
飛行安全系・射場系	風	リフトオフ以降の最大瞬間風速が30m/sを超える見込みがないこと。
	高層風	射点近傍で破壊した場合に、落下破片等による警戒区域外への影響がないこと。
	有人宇宙物体との干渉評価	ロケット及びロケットからの分離物が、軌道上の有人宇宙物体と衝突しないこと。
	各設備	各設備が正常に動作し、データ取得、データ伝送及び飛行安全管理に支障がないこと。
射場安全系・警備系	陸上警戒	総員退避区域の無人化確認が図れること。警戒区域内の安全が確保されていること。
	海上警戒	設定区域の海上警戒、監視が可能なこと。警戒区域内の安全が確保されていること。
	上空警戒	設定区域に航空機等の侵入が認められないこと。警戒区域内の安全が確保されていること。

気象予報

種子島宇宙センター			週間気象情報														令和5年3月3日発表											
日付	3月4日				3月5日				3月6日				3月7日				3月8日				3月9日				3月10日			
	明日(土)				明後日(日)				月曜日				火曜日				水曜日				木曜日				金曜日			
	00	06	12	18	00	06	12	18	00	06	12	18	00	06	12	18	00	06	12	18	00	06	12	18	00	06	12	18
天気																												
風向	←	←	↙	↙	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	←	←	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖
風速 m/s	2 ~ 4	4 ~ 6	6 ~ 11	7 ~ 11	5 ~ 7	5 ~ 7	4 ~ 6	3 ~ 5	1 ~ 3	2 ~ 4	2 ~ 4	1 ~ 3	1 ~ 3	2 ~ 5	1 ~ 4	2 ~ 4	2 ~ 5	4 ~ 7	6 ~ 8	4 ~ 7	4 ~ 7	5 ~ 8	5 ~ 8	4 ~ 7	6 ~ 10	6 ~ 9	6 ~ 9	5 ~ 7
最高 気温	15℃	並			17℃	並			18℃	並			19℃	高			19℃	高			20℃	高			19℃	高		
最低 気温	13℃	高			13℃	高			13℃	高			15℃	高			16℃	高			17℃	高			16℃	高		
雷	△	△	△																			△	△	△				
強風																												
大雨																												
概況	気圧の谷が通過する影響で大気の状態が不安定となり、雨の降る天気になります。				日本海に進む高気圧に北から覆われ、概ね晴れの天気となります。				弱い気圧の谷の影響で、雲の多い天気となります。				午前は東シナ海から西日本に進む動きの速い高気圧に覆われ概ね晴れますが、午後は高気圧の後面となり、次第に雲が広がります。				日本の東に進む高気圧の後面や東シナ海に進む気圧の谷の影響で、雲の広がる天気となります。				気圧の谷が通過する影響で雲が広がり、午後は大気の状態が不安定になって雨の降る天気になります。				気圧の谷の通過後、大陸から張り出しを強める高気圧に覆われ、次第に天気は回復します。			
凡例	△ ×	雷：発雷可能性あり 雷：発雷可能性高い				強風：平均風速13m/s以上 強風：平均風速15m/s以上				大雨：時間10mm以上or積算雨量150mm以上 大雨：時間40mm以上or積算雨量250mm以上								天気 / : 一時 // : 時々 → : のち 気温 高：平年+2℃以上 低：平年-2℃以下										
概況・予報は 株式会社 応用気象エンジニアリング（気象庁長官予報業務許可第17号）により作成																												

【別紙】用語解説

ロケット特有の用語		
ECU	エンジンコントロールユニット	V-CON1からの制御信号を受けて、LE-9エンジンを制御する機器。
FCS	飛行制御ソフトウェア	ロケットの飛行を制御するソフトウェア。V-CONの中に組み込んでいる。
FLI	フライトロックイン	LE-9エンジンの推力が十分に立ち上がったことを含む、打上条件の成立
V-CON1	1段機体制御コントローラ	1段機体の搭載機器に対して電力分配・飛行中断・自動点検等を行う。同時に、制御に必要なデータを収集し、各機器に送出する。
一般的な用語		
FPGA	Field-Programmable Gate Array	後から回路構成を設定できる集積回路