

「H-A ロケット 6 号機 打上げ失敗の原因究明及び今後の対策について」

平成 1 6 年 6 月 宇宙開発委員会委員長 井口雅一

宇宙開発委員会調査部会は、5月28日に標記報告書を取りまとめた。宇宙開発委員会は6月9日に、宇宙開発体制についての検討をまとめる特別会合報告と併せて審議し、了承した。

H-A ロケット概要

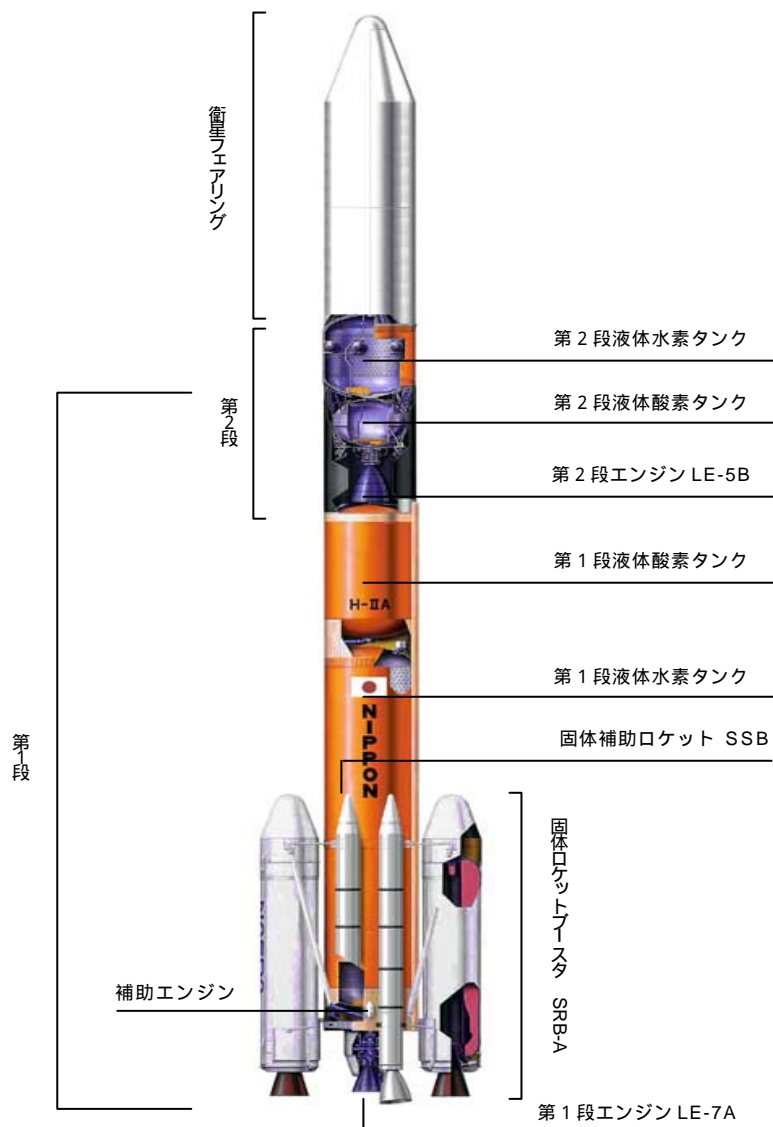
・H-A ロケットの形態は液体燃料エンジン 2 機を搭載した本体に、大型固体ロケットブースター 2 機と、固体補助ロケット 4 機を組み付けている。

6 号機の打ち上げ失敗

・H-A 6 号機は、情報収集衛星 2 号機を所定の軌道に投入することを目的として、平成 1 5 年 1 1 月 2 9 日種子島宇宙センターから打ち上げられた。

・打ち上げ後 1 0 5 秒後に 2 機の大型個体ロケットブースターを切り離す信号が出されたが、左側のブースターは切り離されたものの、右側の切り離しに失敗した。その後、衛

星軌道投入のためのロケット軌道を維持できず、打ち上げ後 1 0 分 5 3 秒に口



ケット指令破壊信号が出された。

・ロケット搭載のCCDカメラ画像により、右側ロケットブースターの前方固定ブレスが切断されていないことが確認された。

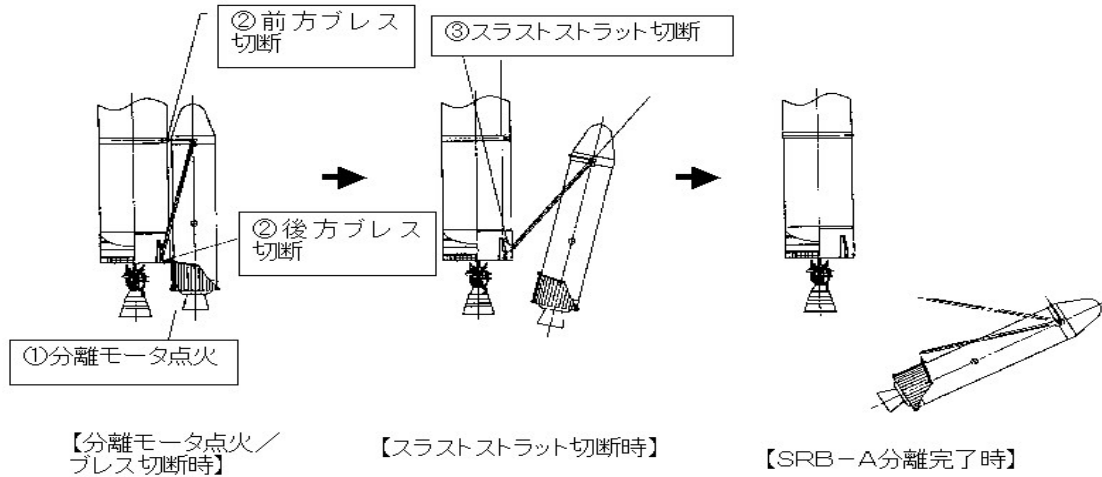


図1-3-2 SRB-A 分離概念図

原因推定

・テレメータデータによると、打ち上げ後62.2秒に、180度の位置に設置されていたノズル温度センサーが異常な温度急上昇を記録している。その直後にサーマルカーテン内にある多くのセンサー類の全てが異常を示している。

注) 下図は、センサーケーブルの機軸方向の位置を示すためにすべてを同一位相で示したものである。

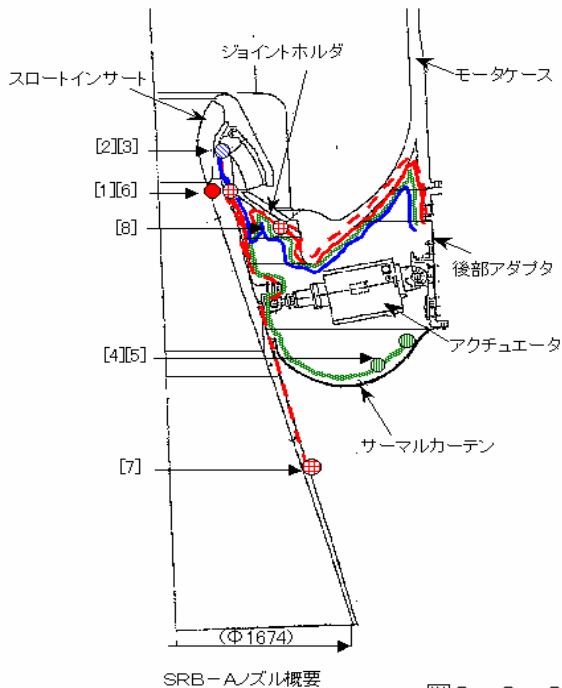
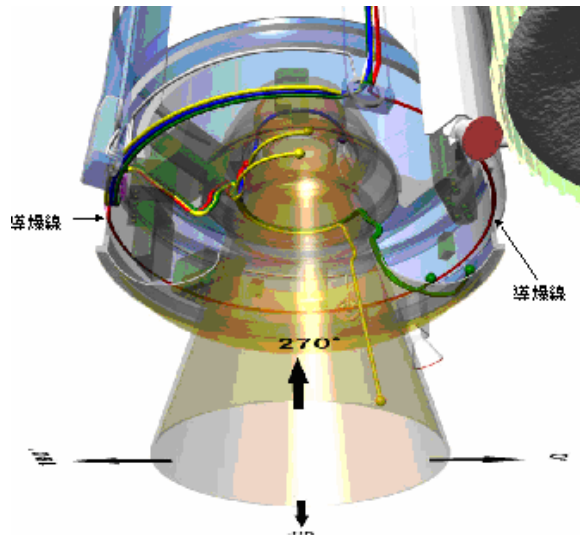


図2-2-3



・以上の現象は、ノズル壁に穴が開き、

サーマルカーテン内に高温の燃焼ガスが噴出し、センサーおよび信号線がすべて焼き切れたと見るのが最も自然である。

・ロケットブースターの前方ブレスを切断する信号を送る導爆線もこの場所を通過しており、燃焼ガスで焼き切れたと見ると、前方ブレスが切断されなかったことも説明できる。

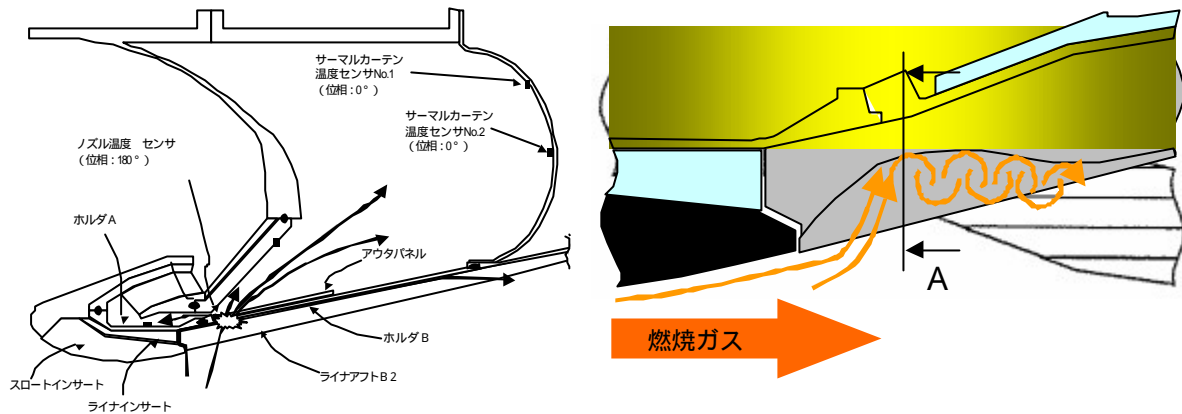
ノズル壁破孔

・ノズル壁に穴が開いた原因として先ず想定されるのは、ロケットブースター開発過程の地上燃焼試験（QM3）で、過大な局所エロージョンが発生していたこと、局所エロージョンの発生および進展機構が十分に解明されていなかったことを考え合わせると、局所エロージョンが予想以上に深く進行してノズル壁に穴を開けたと言う現象である。

・部分模型を使った実験結果から、局所エロージョンの溝が深くなると、その形態によっては、層間剥離（ノズル壁は主として炭素繊維から成るテープを重ね巻きして造られるので、層状になっている。その層間が剥離する現象）が起こり、局所エロージョンの溝の深さが急速に増加することが確認された。

・この層間剥離を伴った局所エロージョンの加速現象は、過大な局所エロージョン対策を採用する際には認識されていなかった。





・局所エロージョンが加速して、180度の位置付近のノズル壁に、25平方ミリ以上の面積の穴が開き、燃烧ガスがサーマルカーテン内に漏洩し、センサーの信号線と導爆線とを焼き切ったとすると、テレメータデータに示されている異常を全て説明できる。

その他の原因推定

・想定しうるその他の原因を仮定すると、テレメータデータの異常を説明するには無理が生じる。

局所エロージョン発生・成長機構の解明

・前世代のH-用の固体ロケットブースターSRBには局所エロージョンは生じていない。SRB-AはSRBの2倍の燃烧圧力を採用しており、燃烧圧力を高めたことが局所エロージョンの主な背景要因として大きな影響を与えている。局所エロージョンが起こり始める定量的な条件を明確にすることが必要である。これまでの実験結果では、局所エロージョンの発生には固体燃料の断面形状（光芒）も関係している可能性がある。局所エロージョンは燃烧混相流ガスの急激な温度・圧力変化を伴う複雑な流れによって起こされる現象と思われる。解明には基礎実験を含め長期間（数年間）の研究を要すると考えられ、今後も研究を継続する。

対策

・以下の二つの基本方針の下に、対策を提言する。

- 1．疑わしい要因については、失敗原因の如何に関わらず、全て検討して必要な対策を講じる。
- 2．発生機構が解明されていない要因は極力取り除く。

- ・発生機構が未解明な局所エロージョンの発生を極力取り除く。
- ・確認試験で新たな問題要因が発見されれば、必要な対策を追加する。

反省

- ・日本のロケット開発の歴史の中で、指令爆破を行ったのは平成11年のH-8号機が初めてであり、その衝撃は大きかった。失敗原因は一段エンジンLE7-Aの水素ターボポンプの破壊であり、H-Aによる打ち上げ再開に当たって、関係者の注意意識がターボポンプに集中してしまった。そのために、ロケットブースターに対する注意力が弱まってしまった。
- ・ロケットブースターに要求される信頼度の大きさを認識していなかった。

改善

- ・先入観を持たずに、全てを満遍なく見渡す俯瞰的注意力、危険の洞察力を備える必要がある。そのためのシステム信頼性設計・監理技法を整える。
- ・エンド・ツー・エンド試験など、現場、現物による確認試験を極力実行する。

宇宙開発委員会の意見とJAXAの対応

- ・失敗の原因となったSRB-Aを海底から引き上げることに成功しなかった。今後のため、同型のブースターによる地上燃焼実験を7月に行う。この実験では、想定外の現象が発生していたかどうかの確認、局所エロージョンが発生し成長する過程の超音波センサーによる計測などを行い、今後の対策に活用する。
- ・局所エロージョンを極力排除するために、燃焼圧力の低下、ノズル径の拡大、ノズル形状の改善、3D C/C材料採用部分の拡大、固体燃料組成の変更などを検討する。実現に長期間を要する部分には、段階的な対応策も検討する。

以上