

【本資料の位置付け】

本資料は、平成25年4月8日(月)に開催された第2回調査 安全小委員会におけるイプシロンロケット試験機による惑星分光観測衛星の打上げに係る安全対策の説明に対する構成員からの質問に対し、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)の回答をまとめたものである。

イプシロンロケット試験機による惑星分光観測 衛星の打上げに係る安全対策について

質問に対する回答

平成25年4月25日

宇宙航空研究開発機構

●全般に関する質問

1-1	リスクマンプ	3ページ
1-2	打上げ準備作業に対する防護策について	7ページ
1-3	安全管理体制について	8ページ

●飛行安全に関する質問

1-3	安全管理体制について	8ページ
2-1	イブロンロケットによる軌道上デブリ防止策	9ページ
2-2	3段のスピンの安定の確認方法について	11ページ
2-3	イブロンロケットのワイヤスカイスクリーンの校正について	12ページ

●地上安全に関する質問

3-1	地震対応について	13ページ
3-2	RSCタンク ラムライントークを工場で加圧することについて	15ページ

【質問番号 1-1】 リスクマンプ

【質問内容】

両プロジェクトにおける 重要リスクの評価の状況を教えてください

【資料の該当箇所】

全般

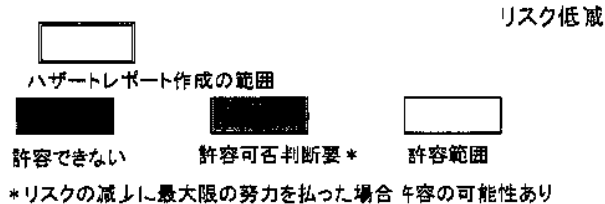
【回答者】JAXA

【回答内容】

射場での発射整備作業および打上げによって生ずる恐れのある事故から 人命 財産が守られていること および 公共の安全が確保されていることを評価するためにシステム安全の手法を用いております 具体的には これらの事故をもたらす要因が顕在又は潜在する状態をハザードと定義して ハザードレベルに応じた対策が施され許容可能なレベルにリスク低減されていることを確認しています

各ロケットシステムに対してハザード解析を実施 抽出されたハザードについて 被害の度合いと発生の可能性によりリスク評価しています (次頁参照)

		発生の可能性				
		A	B	C	D	E
被害の度合い	I	■	■	■	■	■
	II	■	■	■	■	■
	III	■	■	■	■	■
	IV	■	■	■	■	■



「リスク」＝「被害の度合い」×「発生の可能性」

被害の度合い	用語	説明
I	致命 (Catastrophu)	第三者の死亡や重度の人的被害 (重度の永久的な人的障害を含む) 要員の死亡や重度の永久的な人的障害 又は第三者の私有財産の重大な損傷 / システムや射場施設の毀損又は深刻な環境への影響をもたらすものをい
II	重大 (Critical)	第三者の軽度の人的被害 要員の重度の人的被害 又は第三者の私有財産の軽度の損傷 / システムや射場施設の 重大な損傷又は重大な環境への影響をもたらすものをい
III	限界 局所的 (Marginal)	要員の軽度の人的被害 / システム等の軽度の損傷 又は軽度の環境への影響をもたらすものをい
IV	無視可能 (Negligible)	要員の軽度の人的被害やシステム等の軽度の損傷 又は軽度の環境への影響をもたらさない程度のをい

発生の可能性	本標準の説明	意味合い	数値基準の目安 (適合の確率の日数*)
A	しばしば発生する (Frequently Liked to occur in daily)	すぐにも発生しそ	> 10
B	たまに発生する (Probably will occur in year)	頻発 稀発しそ	10 ~ 10
C	まれに発生する (Occasionally occur in year)	その ちと発生しそ	10 ~ 10
D	ほとんど発生しない (Rarely/Unlikely occur)	発生しそ	10 ~ 10
E	ほとんど発生しない (Improbable to occur)	とても発生しそ	~ 10%

重要なリスクと評価されたハザードについて ハザードレポートを起草して詳細評価を実施しています H-II Bロケットとイプシロンロケットで識別されたカテゴリーIのハザード (I) およびクリティカルハザード (II) について 一覧を添じます

H-II B ロケットおよびイプシロンロケットのハザード識別とハザード原因(1/2)

H-II Bおよびイプシロンにおけるハザード/ハザード原因		被害の度合い
0001 人災 爆発		
Cause 1	可燃性夜 ガスの機体外流出	
Cause 1.1	推進系ハルブの機械的故障	I
Cause 1.2	推進系ハルブの不時間作動	I
Cause 1.3	推進系ノールの外部腐食	I
Cause 1.4	電解夜の腐食	I
Cause 1.5	ヒトランの腐食	I
Cause 2 人工品の誤爆		
Cause 2.1	人工品の不時発火	I
Cause 2.2	人工品の誤作動	I
Cause 3	エンジン系の爆発	I
Cause 4	エンジン系の早期着火	I
Cause 5	爆発性雰囲気での点人源の存在	I
Cause 6 固体モータ		
Cause 6.1	固体モータの不時発火	I
Cause 6.2	固体モータの誤作動	I
Cause 7	指令破壊系誤作動	
Cause 7.1	ガスノートの機械的故障	I
Cause 7.2	カスノートの誤作動	I
0002 機体の落下 墜落		
Cause 1	推力異常	I
Cause 2	誘導制御異常	I
Cause 3	機体構造の破壊	I
0003 高圧容器破裂		
Cause 1	圧力系統の構造破壊	I
Cause 2	圧力系統の過加圧	I
0004 天災による被害		
Cause 1	地震	I
Cause 2	雷	I
Cause 3	強風	I

H-II B ロケットおよびイプシロンロケットのハザード識別とハザード原因(2/2)

H-II Bおよびイプシロンにおけるハザード/ハザード原因		被害の度合い
0005 有害物質		
Cause 1	ヒトランンの流出	
Cause 1.1	ヒトランン系ハルブの機械的故障	I
Cause 1.2	ヒトランン系バルブの不時間作動	I
Cause 1.3	ヒトランン系ノールの外部漏洩	I
Cause 1	電解液の外部漏洩	II
0006 酸欠		
Cause 1	酸欠	I
0007 騒音		
Cause 1	過大な騒音による傷害	II
0008 高所作業		
Cause 1	高所からの転落	I
Cause 2	高所からの落下物による人員死傷	I
0009 可動物/移動物との接触		
Cause 1	激突衝突による人員の死傷	I
Cause 2	巻きこまれ 挟まれによる人員の死傷	I
0010 ノープエノン		
Cause 1	ノープエノン等による人員の負傷	II
0011 重量物		
Cause 1	重量物の落下/吊り降ろしによる人員の死傷	I
0012 感電		
Cause 1	感電による人員の死傷	I
0013 電皮放射		
Cause 1	電皮放射による人員の死傷	I
0014 焼死/人傷		
Cause 1	人傷による人員の負傷	II
0015 凍死/凍傷(H II Bのみ)		
Cause 1	凍傷による人員の負傷	II

【質問番号 1-2】 打上げ準備作業に対する防護策について

【質問内容】

ロケット 衛星の打上げ準備作業に対する他からの防護策に対する基準は別に定められ審査されているのか？

(例えば 地震 津波に対して 震度〇〇まで あるいは 〇〇mまでの車皮に耐えられるようにする あるいは テロ対策 等)

【資料の該当箇所】

該当なし

【回答者】JAXA

【回答内容】

1) 防護策に対しては 「ロケットによる人工衛星等の打上げに係る安全対策の評価基準」に保安及び防御対策として「ロケットによる打上げに際し その整備作業段階から打上げ目的が達成されるまでの間に ある意図によるものは結果として破壊 妨害行為のおそれがある場合 適切な対策を講ずること 」の要求があります

JAXAは セキュリティフェンス 警戒所 入退場管理システム等により管理を実施しています また ロケット又は衛星が搬入される以降は 24時間体制で警戒を実施しています なお テロ等の対応については警察にお願いします

2) 施設設備の耐震設計は 「建築基準法の要求」に基づいています なお 最近では「官庁施設の総合耐震計画基準」を準拠して「施設設備の重要度に応じた係数(1.5/1.25/1.0)」を考慮して整備しています

また ロケット 衛星の耐震性については 開発プロジェクト側で解析を行い JAXAの安全評価を受けています

3) 施設設備の車皮に対する国内去等の要求はありませんが 種子島射場及び内之浦射場は十分な海拔高(*)があり 被害は発生しないと考えています

* 南海トラフ地震で想定される津波は種子島射場で9m及び内之浦射場で10mであるのに対して 種子島射場のVAB(大型ロケット組立棟)の海拔は18.9m SFA2(第2衛星フェアリング組立棟)の海拔は27.5m 内之浦射場のM組立室の海拔は200m以上である

JAXAは 津波警報発令及び地震発生時の注意として 作業を停止し応急の措置を講じ 安全な場所に退避することとしています

【質問番号 1-3】 安全管理体制について

【質問内容】

資料2-4-5では2項の「適用の範囲等」に「機構は④安全管理体制に関して調査審議を受ける」とあるが資料に「安全管理体制」を説明した部分が無いように見えるがどうか？

【資料の該当箇所】

資料2-4-5 ヘーン1 2適用の範囲等

【回答者】JAXA

【回答内容】(回答者記入)

資料2-4-5 V項(P7)にJAXAの安全管理体制を示してあります。飛行安全、地上安全それぞれの詳細については、資料2-4-3飛行安全計画書5項(P15)、資料2-4-4地上安全計画書8項(P10)に示しております。

【質問番号 2-1】 イブロンロケットによる軌道上デブリ防止策

【質問内容】

- 1) イブロンロケットでは第3段が地球周軌道に投入されると理解しているが、軌道寿命はデブリ防止基準を満たしているのか？
- 2) 資料2-4-1と2-4-2にはPBSの飛行安全に関する記述がないが、推進制御(点入あるいは終了)と衛星分離はどこ(PBS搭載の制御装置あるいは衛星から)行われるのか？
- 3) 一方、ミッション終了後、PBS推進排出が行われる計画であるので、PBSには何らかの制御装置とタイマー(?)が搭載されているよである。この推進排出ができない場合でもデブリ防止に対する考慮はされているのか？
- 4) 衛星分離後のPBSの軌道寿命はデブリ防止基準を満たしているのか？
- 5) イブロンロケットで2段燃焼終了後にスピン開始する計画になっているが、同様な経験は過去にあるか？そこで気になるのは、PBSに搭載されている液体燃料のスロッシングの影響であるが、如何？

【資料の該当箇所】

資料2-4-3 4ヘーン

また、資料2-4-1 2-4-2に何らかの記述が必要ではないのか？

【回答者】JAXA

【回答内容】

- 1) 低軌道保護域を通過する場合、運用終了後に以下のいずれか処置をとることがデブリ防止基準で求められています。
 - ① 軌道寿命の短縮
 - ② 自然落下
 - ③ 有用な軌道域からの排除
 - ④ 軌道上回収
 - ⑤ 地上回収惑星分光観測衛星を目的の軌道に投入することが主ミッションであるイブロンロケット試験機の軌道寿命は上記①②の要求25年を超えてしまつため、第3段は③の有用な軌道域からの排除の要求を満足するよう運用終了後の軌道(800×1000km)を設定しています。
- 2) イブロンロケットのPBSステーションには誘導制御計算機と慣性センサユニットを搭載しており、誘導制御演算結果に基づく誘導制御計算機からの制御信号によりPBSの推進制御を行います。また、衛星分離も誘導制御計算機からの分離信号により行われます。
- 3) ミッション終了後、ノーケンスオブイヘントに従い誘導制御計算機からの制御信号によりPBSの推進排出が行われます。万が一、推進排出及び加圧カスの排気ができなくなった場合でも、入熱によりPBSの気蓄器及び推進タンクの圧力上昇が生じても破壊圧以下となるよう考慮しており破壊することはありません。
- 4) 上記1)と同様にPBSステーションは有用な軌道域からの排除の要求を満足するよう運用終了後の軌道(900×1000km)を設定しています。

5) スピンの実績は以下があります

L-4S M-4S M-3C M-3H M-3S M-3SII 2段燃焼終了後スピンをさせ3段をスピニング飛行させた

M-V 3段燃焼終了後スピンをさせキックモータ(4段)をスピニング飛行させた

また、イブロンロンのPBSタンク内の推奨はダイアフラムで抑えられているためスロロノクの影響は無視できるレベルです

【質問番号 2-2】 3段のスピニング安定の確認方法について

【質問内容】

基幹ロケットは分離や燃焼開始などのイベントを確認するために、主要センサ以外にも補助的に搭載カメラを使っているが、イブロンロケットでカメラを使用しない理由は何か？

【資料の該当箇所】

資料2-4-2 資料2-4-3

【回答者】JAXA

【回答内容】

まず、基幹ロケットも含め、取得する映像は飛行後評価用であり、飛行安全要求に基づくものではありません

イブロンロケットのスピニング確認方法としては、客観的なスピニング実施有無についてはスピニングモータの作動状況及び指令破壊受信機の受信レベルが振動することで確認します

また、直接的なスピニングの状態量につきましては、ロケットに搭載されるジャイロセンサにより、スピニング状態の健全性について確認することができます

なお、イブロンロケット試験機では、基幹ロケット同様、技術テレメータによりスピニング及び2/3段分離映像を取得します。ただし、技術データ送信と映像データ送信を同時にはできないため、振動等の技術データ取得を優先するため、映像データはリアルタイム伝送ではなく録画後に送信する計画です

【質問番号 2-3】イプシロンロケットのワイヤスカイスクリーンの校正について

【質問内容】

イプシロンロケットでは新規整備としてワイヤスカイスクリーンと光学式位置計測システムがあるが これらの校正は行われているのか？

また ワイヤスカイスクリーンは飛行安全システムに組み込まれているが光学式位置計測システムは担当がいらないよってあるがなぜか？

【資料の該当箇所】

資料2-4-3 18ページ

【回答者】JAXA

【回答内容】

光学式位置計測システムは 映像情報を取得するものではなく レータと同様にロケットの位置情報を取得するシステムになります 仕組みとしては 3ヶ所に設置された光学設備で撮ったロケットの画像から 2ヶ所の画像を用いて ロケットの位置を算出します

よって 光学式位置計測システムはレーダと同等の扱いとなり 経路系監視画面に表示され 飛行安全主任 班長が監視する体制になっています

○校正について

光学式位置計測システム及びワイヤスカイスクリーンは毎号機校正を実施します

光学式位置計測システムの校正方法は 予め測量した射点近傍の場所に 光学式位置計測システムとして動作する3馬のカメラで可視できる光源を設置して行います

ワイヤスカイスクリーンの校正方法は カメラの映像上に基準となる2ヶ所の基準点を表示し 基準対象物と位置を一致させることで校正を行います

【質問番号 3-1】地震対応について

【質問内容】

資料2-3-4 2-4-5の4ページ(2)の荒天時の対策

地震対応が 台風等と同等のレベルでしか記述がありません

会議でも質問しましたが 転倒が一番怖いとのことでしたが

燃料充てん時 移動時 組み立て時 点検直後等 運行監視時(地上局設備)等幾つか検討が大切なことがあるかと思えます

地震評価 対策について現状を教えてください

追記

中には メーカー責任の部分もあるかと思いますが ロケットの事故はどのステーションで起きても計画に対する影響は 一緒です

【資料の該当箇所】

資料2-3-4 2-4-5 4ページ(2)の荒天時の対策

【回答者】JAXA

【回答内容】

ロケットは自立期間が短時間であり 一般的な構造物のよって長期間での最大地震動の期待値を想定して機体設計を行うことはフライトに対して過剰仕様となりミッション成立性の観点で現実的ではありません そのため ロケットとしては 他の設計条件に基づいて設計された機体の耐震性を解析し ハザード有無について評価します 以下にH II Bロケットおよびイプシロンロケットの地震によるリスク評価を記します

『H-II Bロケット』

H-II Bロケットの地震に対するリスク評価は以下のとおりであり、システム安全上許容可能と評価しています

- 震度3以下 機体設計荷重以下であり、ハザードとならない
- 震度4 SRB-A落下 機体転倒によるハザードの可能性は無いが、機体点検が必要
- 震度5 SRB-A落下 機体転倒によるハザードの可能性はあるが、要員の死傷に至る可能性は極めて低く、許容可能

ハザード	期間	ハザード制御方針
機体転倒による 要員の死傷	VAB整備中～射座への 移動	転倒防止ボルトが装着されているため、震度5以下の地震では転倒しない
	最終準備(射座)以降	射座にて転倒防止ボルト取り外し後は、震度5以上の地震により転倒する可能性があるが、機体周辺に作業者はいないため要員の死傷に至らない
SRB A落下による 要員の死傷 (重量物落下 爆発)	VAB整備中	震度5以上の地震によりヨープレス損傷に至る可能性があるが、昇降床に引っかかるため、落下や爆発には至らない
	射座への移動中	震度5以上の地震によりヨープレス損傷に至る可能性があるが、周囲に要員はいないため、要員の死傷に至らない。また、落下時にも爆発には至らない
	最終準備(射座)以降	

『イプシロンロケット』

イプシロンロケットは、地表面加速度100gal(震度4を包絡する範囲)で機体が転倒しないことが機体および発射装置の設計要求である。機体下端を発射直前まで転倒防止装置で固定することにより、要求は満足されている。全フェーズにおいて要員の死傷に至る可能性は極めて低いことを確認したので、システム安全上許容可能と評価した。

ハザード	期間	ハザード制御方針
機体転倒による 要員の死傷	VOS～ランチャ旋回～ 発射5分前	転倒防止装置が装着されているため、震度4以下の地震では転倒しない
	発射5分前以降	発射5分前に転倒防止装置が解除されると震度4以上の地震で転倒する可能性があるが、総員退避後であり、要員の死傷に至らない

【質問番号 3-2】RSCタンク ラムラインタンクを工場で加圧することについて

【質問内容】

技術の進歩や経験の蓄積に伴い、過去の機種では射場で実施していたことを作業環境がより良い工場で実施できるようにすることは有意義であると思っております。しかし、一般論ではあるが、加圧した状態での輸送は、加圧しない状態での輸送に比べれば注意が必要である。技術の進歩や経験の蓄積等(工夫、注意していること等を含む)を説明願いたい。また、加圧して輸送した結果もたらされる効果についても説明していただくと幸いです。

加圧して輸送することの可否は所管の機関が判断することであるので、この質問票で類似の議論をするつもりは無いが、また、効果とリスクのバランスを判定するつもりもないが、JAXAの委員会としては、その要点、検討内容等(安全に係る部分)を把握しておく必要があるのではないかと考えています。

【資料の該当箇所】

資料2-4-2 16ページ

【回答者】JAXA

【回答内容】

加圧して輸送するタンクは通常よりも高い安全率である4を確保して設計(×)し、打上げ時の環境にも耐荷することを確認しています。また、打上げ時より輸送時の環境の方が楽な条件であるため、安全な輸送が可能と判断しています。

射場で加圧作業を実施する場合、立入規制により他の作業を止めるため作業スケジュール設定上大きな制約となってしまいます。したがって、加圧して輸送する場合、制約がなくなるとともに、射場での危険作業が減るといった大きな効果があります。

(×)若干重くなるが、打上げ能力への影響は軽微であるため許容可能。運用性を重視して設計した。

以上