

H-II B ロケット4号機による宇宙ステーション補給機「こうのとり」4号機(HTV4)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	「打上安全監理業務」について	3ページ
1-2	システム安全評価の実施内容について	4ページ
1-3	リスクマップ	5ページ
1-4	打上げ準備作業に対する防護策について	9ページ

●飛行安全に関する質問

2-1	衛星フェアリング落下予想区域の角切りについて	10ページ
2-2	飛行安全管制終了時刻について	11ページ
2-3	H-II B ロケット第2段機体からの推薬排出について	12ページ

●地上安全に関する質問

3-1	地震対応について	14ページ
3-2	MHI JAXA 打ち上げ体制におけるリスク安全管理	16ページ

【質問番号 1-1】「打上安全監理業務」について

【質問内容】

JAXA が行った「打上安全監理業務」を規定した文書(計画書のよつなもの あるいは業務フロー図のよつなもの)は無いのか

【資料の該当箇所】

全般

【回答者】JAXA

【回答内容】

打上安全監理業務規定書(KPX-070080)により JAXAの実施する作業を定め 必要な監理を行います

打上安全監理業務の主な作業としては

システム安全(打上安全評価)確認

射場整備作業の手順変更等に対する安全評価 各種審査会における安全評価 飛行安全機器の品質記録確認等

地上安全確認

危険作業時の立入規制 打上げ時の警備警戒等

飛行安全確認

飛行経路が安全上問題ないことの確認 打上げ時の飛行安全運用等

カウントダウン時の総合指揮

最終的な打上げの総合指揮

を実施しています

一方 イブロンにおいては「イブロンロケット試験機打上管制隊の編成について」(宇宙輸送ミッション本部長決定第25-1号)により打上管制隊といつ臨時組織を編成し その本部長決定の中で打上安全監理責任者の業務を定めております 具体的な所掌としては 飛行安全 射場 保安の「安全」に係る統括者としての位置付けであり H-II A/Bにおける打上安全監理者と比較した場合に限定的な範囲となっております なお イブロンにおいて打上げの総合指揮を執るのは打上実施責任者になります

【質問番号 1-2】 システム安全評価の実施内容について

【質問内容】

地上安全計画 飛行安全計画の記述に帰結するまでに JAXA の中で実施している確認行為等としてどのようなことが行われているのかの説明を求める

【資料の該当箇所】

全般

【回答者】JAXA

【回答内容】

地上安全計画 飛行安全計画制定を含む JAXA において実施しているロケットの安全評価について 資料3-1-2『ロケットの安全評価業務の概要』により説明させていただきます

【質問番号 1-3】 リスクマノプ

【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

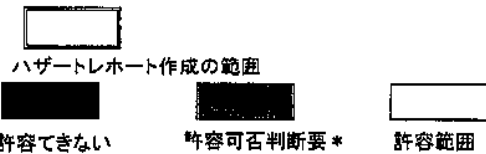
【回答者】JAXA

【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 公衆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 (欠頁参照)

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



*リスクの減少に最大限の努力を払った場合許容の可能性あり

「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 (Catastrophic)	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）、要員の死や重度の水力的な人的障害、公共や第三者の私有財産の喪失や重大な損傷、システムや射場施設の喪失又は深刻な環境への影響をもたらすものをいう。
II	重大 (Critical)	第三者の軽度の人的被害、要員の軽度の人的被害、公共や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う。
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う。
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すもの以外のものをいう。

発生可能性	本標準の説明	意味合い	数値基準のない場合の確率的目安*
A	しばしば発生する (Frequent / Likely occur in time)	すくなくとも発生しそうだ	> 10 ⁻¹
B	たまに発生する (Probable / Probable will occur in time)	現実的に発生しそうだ	10 ⁻² ~ 10 ⁻¹
C	まれに発生する (Occasional / May occur in time)	その時点で発生するかもしれない	10 ⁻³ ~ 10 ⁻²
D	ほとんど発生しない (Rare / Unlikely to occur)	発生しそうだとはならない	10 ⁻⁴ ~ 10 ⁻³
E	ほとんど全く発生しない (Improbable / Improbable to occur)	ほとんど発生しそうだとはならない	< 10 ⁻⁴

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、一覧を添付します。

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	可燃性液 カスの機体外流出	-
Cause 11	推進系ハルブの機械的故障	I
Cause 12	推進系ハルブの不時開作動	I
Cause 13	推進系ノールの外部腐食	I
Cause 14	電解液の漏洩	I
Cause 15	ヒトランの腐食	I
Cause 2	人工品の誤爆	-
Cause 21	人工品の不時発火	I
Cause 22	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 61	固体モータの不時発火	I
Cause 62	固体モータの誤作動	I
Cause 7	指令破壊系誤作動	
Cause 71	カスケットの機械的故障	I
Cause 72	カスケットの誤作動	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	雪	I
Cause 3	強風	I

H II B ロケットおよびイプソ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およびイプソ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	ヒトランソンの流出	-
Cause 1 1	ヒトランソ系ハルブの機械的故障	I
Cause 1 2	ヒトランソ系ハルブの不時間作動	I
Cause 1 3	ヒトランソ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 ノヤープエノン		
Cause 1	ノヤ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 1-4】 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までの津波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 ある意図によるまたは結果として破壊 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 最近には「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) 施設設備の津波に対する国内法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 2-1】 衛星フェアリング落下予想区域の角切りについて

【質問内容】

H-II B ロケット4号機の衛星フェアリング落下予想区域は、東側の角が切られている。資料の図によると航空路の幅(示されていない)を考慮しても完全に航空路と重なっていると推測される(効果が無いように思われる) 角を切った理由を説明願いたい

【資料の該当箇所】

資料2-3-2 8ページ(図3)

【回答者】JAXA

【回答内容】

ご懸念の航空路(A597 のことと思料)やその他の航空路と投棄物落下予想区域との干渉については、国土交通省航空局との事前調整の中で、ご指摘の通り航空路の幅(片側で50ノースイカルマイル=93km)を考慮の上決定しています。今回のように干渉が発生する場合は、50ノースイカルマイルの幅を確保できるよう航空局側で航空路の迂回路を設定して頂くと同時に、その迂回路が最小となるよう、安全上許容できる範囲で落下予想区域のカットを実施しています。

【質問番号 2-2】 飛行安全管制終了時刻について

【質問内容】

H-II B ロケット4号機の飛行安全管制終了時刻は846秒と記述されている。この秒時をどのようにして決めているか(どのような考えで決めているか) 説明願いたい(質問の背景: この終了時刻は瞬時落下点がなくなった時点と理解しているが、各種誤差原を考慮すると瞬時落下点がなくなる秒時は一意的には決まらない。指令破壊すると破片に速度が付加されるため、瞬時落下点削減間際に指令破壊した場合には、瞬時落下点を持つ破片と持たない破片が発生する。など、複雑な要素がある。)

なお、ロケットに故障が生じ誤差原による分散を上回る飛行経路逸脱が発生しているが、軌道に投入することはできるという場合もあり得る。この場合、846秒を超えて飛行安全管制を実施する必要が生ずる可能性がある。このような場合にも対応できる「飛行安全管制を終了する条件」が定められていると思う。この定めについても合わせて説明願いたい。

【資料の該当箇所】

資料2-3-2 5ページ他

【回答者】JAXA

【回答内容】

飛行安全管制においては、指令破壊までは推力停止という飛行安全措置を実施した場合に予測される破片の落下域を、管制中時々刻々監視しています。飛行安全管制終了時刻の定義は、この破片落下域の先端(全破片の中で最も遠方に落下するケース)が最終(南米大陸)の落下限界線に到達する時刻と定義されています。言い換えますと、この時刻以降は飛行安全措置時に破片の落下域が南米大陸にかかるため措置の実施が出来ず、当該時刻の手前において、最終的に機体が軌道投入可能か否かを経路及びテレメトリ情報等を元に判断して、飛行安全管制を終了しています。

また、飛行安全計画に記載されています。飛行安全管制終了時刻は、(その他のイベント時刻と同じく)計画値です。実際の飛行安全管制終了の判断は、上記の通り破片の落下域が最終の落下限界線に到達するタイミングで行われており、機体諸元等のばらつきによって時刻が変動する場合も適切に対処しています。

【質問番号 2-3】 H-IIロケット第2段機体からの推進薬排出について

【質問内容】

上記の推進薬排出は ミンヨロン終了後にタンク内圧上昇により破壊 爆発の防止が目的とされているが 一方 安全弁または吹き出し弁があるので タンクが破壊することはないとされているすなわち 推進薬排出は不要なオヘレノロンをすることになるが 如何?

また そのことによる新たな問題が生じる可能性はないか?

このオへの終了とは無関係に保安用コマント受信装置の電源遮断をいつのか?

【資料の該当箇所】

資料2-3-2 4ヘーノ

【回答者】JAXA

【回答内容】

推進薬排出の目的は 1)タンク圧の昇圧やデブリ衝突によるタンク破壊 破片生成のハザードを防止することと考えています 本ハザードによる被害を最小化する要件としては 确实 且つ出来るだけ速やかに推進薬を排出し最終的にはタンク圧を減圧することになります 安全弁は タンクの昇圧は防げるものの タンク圧を減圧する機能はないため 減圧には弁類からのガス漏洩等に依らざるをえません

以上の理由により 第1にノーケンス制御によるタンク内ガスの排出を行い ハンクアップとして安全弁等によるガスの排出を行った設計を採用しています

推進薬排出による新たな問題が生じる可能性については 以下の通り問題ないと考えています

①安全上の問題

推進薬排出は 液体酸素はエンソノ予冷弁開により排出 液体水素はエンソノ予冷弁開およびコストヘント弁開により排出します 水素 酸素の排出系統(タンク 配管)は独立かつ排出ゲートは離れており かつ 着火原もないため混合 爆発する可能性はありません また 万一 排出用の弁が固着 あるいは配管内で凍結することによる昇圧 破壊に対しては 安全弁により回避可能です なお H-IIロケットから実績のある運用方法です

②ミンヨロン上の問題

推進薬排出はミンヨロン終了後 2段機体の回避運動後に実施しますので ミンヨロン への影響はありません

保安用コマント受信装置は飛行安全機器であり 当該関連機器は飛行安全管制の終了に伴い 誤爆を防止する観点で速やかに電源を遮断する設計としており 排液ノーケンスとは無関係です

なお 上記排液および保安用コマント受信装置の運用に関わる設計思想は JAXAの「スペースデブリ発生防止標準」(JMR-003)により標準化しています

(別紙)

【JMR-003B スペースデブリ発生防止標準(抜粋)】

5 テブリ低減策の計画及び実行

5.2 軌道上破砕の防止

以下の軌道上破砕を防止すること

(1) 運用終了後の破砕

(2) 運用中の破砕

(3) 意図的破壊行為

5.2.1 運用終了後の破砕の防止

用済み後の宇宙システムが破砕してデブリを発生することを未然に防止するために、偶発的破砕の可能性が合理的に排除された設計を目指し、廃棄段階での最終マヌーバ終了後又は回収前に 偶発的破砕の原因を極力排除しなければならぬ。

具体的には以下を実施すること

(1) 残留液体推進薬及び高圧流体に関する処置

用済み後の宇宙システムは 軌道変更操作において 液体推進薬及び高圧流体を破砕の原因とならないまでに使いきるか 排出すること あるいは残留流体による破砕の可能性がないことが解析的に検証されること このため 設計上は以下に配慮すること

① 二夜式推進のタンク及び配管系は 自己着火性推進薬の組み合わせの場合は特に 一部部品等の不具合が推進の混合及び燃焼を招かないよう設計すること

② 運用終了後 軌道変更操作を完了した時点で タンク/配管類に残留する推進薬を排出すること。 二夜式推進系で両方の推進薬が排出できない場合は 自己反応性の高い推進薬を優先的に排出すること

③ 排出処理が不可能な場合は 入熱を考慮しても破裂の危険性が無い十分な安全性を持たせるか リリーフバルブ等の昇圧制限機構を設けること。

④ 排出系統は凍結によって排出が妨げられないよう設計すること

(3) 指令破壊系

人工品は太陽光等による温度上昇を考慮し 自然不発火保証温度に対して十分な余裕を確保すること

指令破壊受信器は指令破壊の実行の可能性が無くなった時点で速やかに誤爆を防止する処置を行ったこと。

【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ヘーン(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 資料2-4-5 4ヘーン(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うに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ロケットおよびイブロンロケ
 ットの地震によるリスク評価を記します

『H-IIロケット』

H-II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 辺に作業者が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 最終準備(射座)以降	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 落下時も爆発には至らな い

『イブロンロケット』

イブロンロケットは 地表面加速度100ga(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】MHI-JAXA 打ち上げ体制におけるリスク安全管理

【質問内容】

【質問内容】(質問をご記入下さい)

- 1 新しい MHI JAXA 打ち上げ体制で すでに打ち上げに成功していますが リスク安全管理は独立する JAXA の統括安全衛生責任者が MHI JAXA とも統括しているのでしょうか？
- 2 毎回の安全教育訓練については となたが指揮しているのでしょうか？MHI JAXA 合同で行なつたのですか？
- 3 アクシデント インシデント ヒヤリハット等の報告は 現場からとつみ上げられるのでしょうか？これも MHI JAXA 別々に行なつたのか それとも合同で行なつたのですか？報告がしやすいような組織になっているのですか？

【資料の該当箇所】

該当なし

【回答者】JAXA

【回答内容】

以下の通り回答します

- 1 JAXAの統括安全衛生責任者と言われるのは MHIの統括安全衛生責任者の間違いかと思えます MHIの統括安全衛生責任者は 射場における安全衛生管理の最高責任者として MHIが実施する射場作業に係る安全衛生全般を統括管理します また JAXA職員及びJAXAとの契約/協力に基づくMHI以外の要員については各社で安全衛生を管理しています
- 2 安全教育訓練は 一般安全教育 作業別安全教育訓練 総合防災訓練及び海上警戒訓練として以下の通り実施しています
 - 1)一般安全教育は JAXA MHI及びひ契約会社の講師が射場整備作業を実施する全作業者を対象として実施しています
 - 2)作業別安全教育は 保安物の取り扱い及び危険作業を行う作業者を対象として JAXA MHI及びひ契約会社が連携して作業開始前に実施しています
 - 3)総合防災訓練は 鹿児島宇宙センター所長(打上安全監理責任者)を長として JAXA MHI 各関連メーカー及び南種子分遣所が参加して2回/年実施しています
 - 4)海上警戒訓練は 警戒船 海上監視レーダ AIS(自動船舶識別装置) 海上監視所を使用して打上げ前に実施しています
- 3 アクシデント インシデント ヒヤリハット等の管理は「鹿児島宇宙センターにおける事故等発生時の処理要領」「ヒヤリハット情報収集及び活用実施要領」等に基づき実施しています

アクシデントについては 当事者及び発見者からJAXAが報告を受け緊急処理を行います また インシデント ヒヤリハット等については 当事者及び発見者からタスクレビュー ヒヤリハット回収箱によりJAXAが報告を受け 必要な対策等を実施します

これらの活動は 表-1に示すようにJAXA MHI及び各関連メーカーに定着しており 問題なく運用できていると考えています

表-1 ヒヤリハットの提出件数

事業所/件数	FY20	FY21	FY22	FY23	FY24
JAXA全体	59	47	84	137	160
種子島	53	42	19	8	11
内之浦	0	0	17	30	19

備考 平成19年度より宇宙開発委員会の提言を受け 種子島でヒヤリハット活動への積極的な取り組みを開始 平成22年度よりヒヤリハット活動への積極的な取り組みを全事業所に展開

以上