

「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」と
H-II Bロケット4号機の地上安全計画・飛行安全計画との比較評価結果

平成25年4月8日

独立行政法人

宇宙航空研究開発機構

説明者
宇宙輸送ミッション本部 打上安全評価室
室長 江口 昭裕

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	地上安全計画・飛行安全計画 (H-II B 4号機)
<p>I 目的、適用</p> <p>1 目的 この基準は、宇宙開発利用部会における、ロケットによる人工衛星等の打上げ及び再突入機の再突入に係る安全評価のための調査審議の効率化・円滑化、透明性の確保を図り、もって射場周辺等における、人命・財産の安全を確保するための対策の適切化、理解の増進、ロケット打上げ及び再突入機の再突入の円滑化に資することを目的とする。</p> <p>(注) 再突入機とは、制御して大気圏へ再突入して着地(含落水)する宇宙機をいう。</p> <p>2 適用の範囲等 この基準は、II以下に示すとおり、個々のロケットによる人工衛星等の打上げ及び再突入機の再突入に係る①保安及び防衛対策 ②地上安全対策、③飛行安全対策、④安全管理体制に関して適用する。</p> <p>宇宙開発利用部会は、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(以下「JAXA」という。)が実施するロケット打上げ及び再突入機の再突入に係る業務において、この基準が示すII以下の要件に基づき、適切な対策が講じられているかについて、安全評価のための調査審議を行うものとする。</p> <p>また、JAXAが委託に応じてロケット打上げ及び再突入機の再突入に係る業務を行うときは、JAXAは、委託者及びその関係者が実施する作業については、この基準が示すII以下の要件に基づき、適切な対策が講じられているかについて、安全評価を実施するものとする。宇宙開発利用部会は、打上げ等の委託者及びその関係者が実施する作業に関して、JAXAが実施する安全評価に基づき、安全評価のための調査審議を行うものとする。</p> <p>なお、本基準の適用等に当たり必要となる詳細な事項は、宇宙開発利用部会において定めるものとする。</p> <p>II 保安及び防衛対策 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。</p> <p>III 地上安全対策 ロケットの打上げに際し、射場及びその周辺における人命、財産の安全を確保するため、ロケットの推進薬等の射場における取扱いから、打上げ後の後処置作業終了までの一連の作業について、以下に示すとおり、各々の作業内容に即した適切な安全対策をとることが必要である。</p>	<p>H-II Bロケット4号機による宇宙ステーション補給機4号機「HTV4」の打上げに係る①保安及び防衛対策 ②地上安全対策、③飛行安全対策、④安全管理体制に関して調査審議を受ける。</p> <p>三菱重工業株式会社(以下「MHI」という。)が打上げ事業者としてロケット打上げを執行し、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(以下「JAXA」という。)は打上安全監理に係る業務を行う。</p> <p>JAXAは、MHIから提示された安全管理計画、飛行計画等の妥当性について安全評価を行った上で地上安全計画、飛行安全計画を作成している。 【地上安全計画、飛行安全計画まえがき】</p> <p>打上げ作業期間中の保安物の取扱い施設及び貯蔵所、並びに打上げに係る情報等の保管場所を含む射場の保安及び防衛について適切な対策を講じている。 【地上安全計画7.6項】</p>

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	地上安全計画・飛行安全計画 (H-II B 4号機)
<p>1 ロケットの推進薬等の射場における取扱いに係る安全対策 射場における推進薬等（火薬類、高圧ガス及び危険物等）の取扱いの安全を確保するため、次の対策をとること。</p> <p>①推進薬等の取扱いに際しての静電気発生防止</p> <p>②推進薬等の取扱いに際しての保護具の着用</p> <p>③ロケット、人工衛星等への高圧ガスの充填・加圧作業における遠隔操作又は防護設備の使用</p> <p>④推進薬等の取扱い施設に関する防犯警報装置による常時監視及び夜間監視</p> <p>⑤推進薬等の取扱い施設への発火性物品の持ち込み規制等</p> <p>⑥その他安全を確保するため必要な対策</p> <p>2 警戒区域の設定 ロケットの打上げに係る作業期間中の各段階に応じて、以下のとおり、射場周辺の状況を踏まえて、警戒区域を設定して関係者以外の立入規制を行うこと。 なお、以下に記載のない推進薬等を搭載する場合には、別途適切な換算率を使用し所要の距離を算出すること。</p>	<p>危険作業前に静電気の除去を行い、作業中は静電気を発生する資材の使用を禁止する。また、作業場所の湿度が下限値以下に下がった場合は作業を中止する。 [地上安全計画7.1.3(3)、7.1.4(7)、7.1.5(4)項]</p> <p>保護具は使用前点検を行った後、確実に着用する。 [地上安全計画7.1.3(4)、7.1.4(4)、7.1.5(3)項]</p> <p>所定の圧力以上の高圧ガスの充填・加圧作業は遠隔操作で行う。 機体側で操作を行う場合は、人員を制限し、所定の保護具、器具及び防護設備を使用する。 [地上安全計画7.1.4(2)項]</p> <p>保安物の取扱施設への出入りの制限、防犯警報装置の設置と常時監視、夜間・休日の警備員による監視及び打上げ整備期間中の射場における24時間体制の警戒と周辺監視を行う。 [地上安全計画5.2.7.6項]</p> <p>保安物の存在する区域内への発火性物品の持ち込み禁止と射場内における指定場所以外での喫煙を禁止する。 [地上安全計画7.1.1(8)項]</p> <p>爆発性危険雰囲気区域での非防爆電気機器の使用及びフラッシュ撮影を規制する。 [地上安全計画7.1.1(9)項]</p> <p>電波放射時の危険区域への立入禁止及び人員の有無を事前に確認する。 [地上安全計画7.1.2項]</p> <p>酸欠防止対策及びヒドラジンの常時環境モニタを行う。 [地上安全計画7.1.1(7)、7.1.4(5)、7.1.5(7)項]</p> <p>施設設備の機能点検及び保安用計測器類の校正管理、夜間・休日における緊急連絡体制を整備する。 [地上安全計画7.1.1(5)、7.3項]</p> <p>飛行中断による液体推進薬の流出によるガス拡散に対し、拡散予測範囲内の人に対して屋内待避等の通報連絡等を行う。 [地上安全計画7.7項]</p> <p>打上げ後の後処置を射場整備作業の安全対策に準じて行う。 [地上安全計画7.2(4)項]</p>

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	地上安全計画・飛行安全計画 (H-II B 4号機)
<p>(1) 整備作業期間における警戒区域 ロケット組立時等の各段階について、事故等の影響を最小限にするため、警戒区域は、少なくとも、次の式により計算した保安距離R又は表1による保安距離を半径とし、作業地点を中心とする円内とする。</p> <p>(計算式等省略)</p> <p>(2) 打上げ時における警戒区域 打上げ時における警戒区域は、少なくとも、次の地上安全に係る警戒区域及びIV 1 (2) A飛行安全に係る警戒区域のうち、いずれかに含まれる区域のすべてとする。 地上安全に係る警戒区域は、少なくとも、爆風、飛散物、ファイアボールによる放射熱等について、次の(A)、(B)及び(C)によりそれぞれ計算した保安距離R、D及びFのうち、最も大きいものを半径とし、射点を中心とする円内とする。</p> <p>(計算式等省略)</p> <p>3 航空機及び船舶に対する事前通報 打上げ作業期間中の航空機及び船舶の航行の安全を確保するため、次の手段等により、適切な時期に必要な情報が的確に通報されるように措置すること。①ノータム ②水路通報</p> <p>4 作業の停止 打上げ作業期間中において、必要な場合は作業の停止を行うことを含め安全上の措置を講じること。</p> <p>5 防災対策 (1) 防災設備等 射場における災害防止のため、次の防災設備及び危険物処理設備を設置し、防災計画を作成すること。 ①警報装置 ②防火・消防設備 ③ヒドラジン等腐液処理設備 ④その他災害防止のために必要な設備 また、火災やガスの検知、防犯警報等の情報を集中して常時モニターするとともに、防火、消防、防護設備については、危険作業の実施に先立ち十分な点検を行うこと。</p>	<p>保安物の種類と量、作業の危険度に応じた警戒区域を設定し、関係者以外の人員の立入を禁止する。 [地上安全計画7.4.1項]</p> <p>計算の結果、爆風による保安距離2090mが最大となるが、飛行中断時の破片飛散範囲を考慮して、射点近傍の落下限界線内（陸地）を陸上警戒区域として設定し、所要の警戒を行う。 また、打上げに伴うロケット等の落下物に対する安全対策、液体推進薬流出拡散に対する対策並びに航空機、船舶の安全確保のため、落下予想区域、海上警戒区域及び警戒区域上空の警戒区域を設定し、関係機関への通報及び警戒等所要の措置を講じる。 [地上安全計画7.4.2項、図-3、4.5、7.4.3項、7.7項、図-6、飛行安全計画2.2項]</p> <p>ロケットの打上げ、海上警戒区域、落下予想区域等について関係機関へ通報する。 [飛行安全計画4項、地上安全計画7.5項]</p> <p>JAXAは打上げ作業を監視し、安全上支障が生じた時又は生ずるおそれがある時は打上げ安全監視責任者又は射場安全課長は、作業の停止を指令する。また、作業中断または打上げ延期の場合の進行作業は、安全の配慮をしたスケジュールと手順書に従って実施する。 [地上安全計画7.2項]</p> <p>危険状態検知の手段を確立、防火・消防設備の設置及び保安物関連施設の安全対策を実施し、防災計画を作成する。また、各種検知器、防犯警報装置については集中して常時モニタを行うと共に、危険作業に先立ち、関係施設設備の機能点検を行う。 [地上安全計画5.2.5.3.6、7.1.1(5)、7.1.4(3)、7.1.5(2)・(6)・(7)、7.3(1)項]</p>

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	地上安全計画・飛行安全計画 (H-II B 4号機)
<p>(2) 荒天等の対策 荒天、暴風、地震等について警報が発令された場合は、対策を実施の上速やかに退避すること。 次の場合には推進薬の取扱い等危険作業を行わないこと。 ①台風警報が発令された場合 ②雷警報が発令された場合 また、警報解除後には被害調査、安全確認、設備の点検を十分行うこと。</p> <p>IV 飛行安全対策 ロケットによる人工衛星等の打上げに伴い発生する落下物等及びロケットの飛行、及び再突入機の再突入飛行に対する安全対策、並びに航空機及び船舶の安全確保について、以下に示すとおり、適切な方策を講じることが必要である。</p> <p>1 打上げ時の落下物等に対する安全対策 ロケットによる人工衛星等の打上げに伴い発生する落下物等に対する安全を確保するため、飛行計画の策定に際しては次について十分に安全確保を配慮した設定とすること。</p> <p>(1) 正常飛行時のロケット落下物に対する安全対策 ロケット燃え殻等、正常飛行時にロケットから分離投下される物体について、落下予想区域が可能な限り陸地及びその周辺海域にないこと。</p> <p>(2) ロケットが推力停止した場合の落下物に対する安全対策 ア 飛行安全に係る警戒区域の設定 射場及びその周辺において、次について適切な対応が可能となるよう、飛行安全に係る警戒区域を設定して、警戒を行うこと。</p> <p>(ア) 射場の周辺における次による被害の発生を防止しうること ①落下物の衝突 ②飛行中に爆発する場合における爆風 ③固体推進薬が落下し地面等に衝突するとき爆発（二次爆発）するおそれがある場合における、二次爆発による爆風及び二次破片飛散</p> <p>(イ) さらに、射場周辺の海域に関しては、発射直後の飛行中断に伴う破片の落下分散を評価し、破片の落下による船舶等の被害を可能な限り防止すること。</p>	<p>荒天時、暴風時等は作業制限あるいは作業を停止する。作業再開時は設備等の点検と安全確認を行う。 また、地震発生時及び津波警報発令時は、状況に応じて作業を停止する。作業再開時は設備等の点検及び被害調査と安全確認を行う。 [地上安全計画7.1.1(10)、7.1.1(11)項]</p> <p>ロケットが正常に飛行した場合の落下物としては、4本の固体ロケットブースタ、衛星フェアリングおよび第1段機体がある。これらの落下物の落下予想区域は陸地およびその周辺海域から充分離れて設定されている。 [飛行安全計画2.2項]</p> <p>以下のように落下限界線を設定し、その内部を警戒区域とする。 (1) 射場周辺の落下限界線は、陸上警戒区域とその区域外との境界線とする。竹崎地区以南については、種子島宇宙センター管理棟の東側と観望台の東側を結ぶ線を落下限界線とする。 (2) 広田集落より北の海岸線については、海岸線から3kmの線とを結んだ線を落下限界線とする。 [飛行安全計画3.2.1項]</p> <p>また、落下限界線に①～③の包絡域または④が接した場合は、推力飛行を中断することにより被害の発生を防止する。 ① ロケットの推力飛行を中断した場合の破片落下 ② 飛行中の爆発に伴う爆風 ③ 固体推進薬破片の地上落下時の二次爆発の爆風および二次破片の飛散範囲 ④ ロケットの推力飛行を中断した場合に落下した機体から流出する搭載推進薬の流出・拡散範囲 [飛行安全計画3.1.3項]</p> <p>射点近傍において船舶被害を防止するための海上警戒区域を設定し、その中に船舶が立ち入らないように海上監視レーダ、双眼鏡及び自動船舶識別装置（AIS）及び夜間監視カメラによる監視を行うほか、船舶による警戒を行う。また、当該区域外については、発射直後の飛行中断に伴う破片の落下分散を評価し、破片の落下による船舶の被害の発生の可能性が極めて小さいことを確認した。 [飛行安全計画2.2項、地上安全計画7.4.2(3)項]</p>

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	地上安全計画・飛行安全計画 (H-II B 4号機)
<p>イ 飛行経路の設定 推力飛行中のロケットが突然推力停止の状態に陥った場合に予測される落下点の軌跡（落下予測点軌跡）の分散域については、人口稠密地域から可能な限り離れて通過するよう飛行経路を設定すること。</p> <p>2 打上げ時の状態監視、飛行中断等の安全対策 ロケットが故障した場合の落下物に対する安全を確保するため、次の手段等により、飛行中の状態監視を行い、必要な場合には飛行の中断が安全に行えるよう措置すること。</p> <p>(1) 飛行中の状態監視 ①光学設備 ②I TV ③レーダ ④テレメータ</p> <p>(2) 飛行中断 ア 安全の確保のために設定するロケットの飛行を中断した場合に危害を及ぼしてはならない限度を示す線（落下限界線）の設定</p> <p>イ 次のいずれかの場合に該当するとき、ロケットの推力飛行を中断すること ① ロケット及びその破片の落下予測域が落下限界線を越えるとき。ただし、正常飛行範囲を飛行するロケットの飛行中断時の落下予測域が落下限界線を通過する場合には、その直前までの飛行状況を十分監視して、正常であることを条件として、上記の飛行中断の適用が見合わされる。 ② ロケットの監視が不可能となり、ロケット及びその破片の落下予測域が落下限界線を越えるおそれがあるとき ③ ロケットの飛行中断機能が喪失する可能性が生じ、かつ、ロケット及びその破片の落下予測域が落下限界線を越えるおそれがあるとき ④ その他、ロケットの推力飛行の続行により安全確保上支障が生じるおそれがあると判断されるとき</p>	<p>正常な飛行経路を飛行中のロケットが突然推力停止した場合に予測される落下点の軌跡は、人口稠密地域から可能な限り離れるように飛行経路を設定した。 [飛行安全計画2.1.2.3項]</p> <p>ロケットの飛行状況の監視には、3局の各レーダ情報、および5局以上の各テレメータ受信局からのテレメータ情報を用いる。また、射点近傍では、併せてI TV及び光学設備から得られる画像を飛行安全管理に用いる。 [飛行安全計画2.4、3.1.2項]</p> <p>ロケットの落下予測域の許容限界を示す落下限界線を設定。 [飛行安全計画3.2項]</p> <p>次のいずれかの場合に該当するときは、安全を確保するため、ロケットに装備した装置を動作させることにより、ロケットの推力飛行を中断する。 ①ロケットの落下予測域が落下限界線と接触するとき。ただし、正常飛行範囲を飛行するロケットの落下予測域が落下限界線を通過する場合には、その直前までの飛行状況を充分監視して、正常であることを条件として、上記の飛行中断の適用を見合わせる。 ②ロケットの落下予測域の監視が不可能となり、ロケットの落下予測域が落下限界線と接触するおそれがあると判断されるとき。 ③ロケットの飛行中断機能が喪失する可能性が生じ、かつ、ロケットの落下予測域が落下限界線と接触するおそれがあると判断されるとき。 ④その他、ロケットの飛行続行により安全確保上支障が生じるおそれがあると判断されるとき。 [飛行安全計画3.1.3項]</p> <p>(注) ロケットの落下予測域とは、ロケットの飛行を中断した場合に、落下物の衝突、飛行中の爆発に伴う爆風、固体推進薬破片の地上落下時の二次爆発および二次破片の飛散ならびに搭載推進薬の流出および拡散等により危害が及ぶおそれのある範囲。</p>

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	地上安全計画・飛行安全計画 (H-II B 4号機)
<p>(3) 地上とロケットの間において安全に必要なデータ取得、コマンド送受のための電波リンクの確保</p> <p>3 再突入機の再突入飛行の安全対策</p> <p>4 航空機及び船舶に対する事前通報 ロケット打上げ及び再突入機の再突入飛行に際して、航空機及び船舶の航行の安全を確保するため、打上げ前及び再突入飛行前の適切な時期に必要な情報が的確に通報されるように措置すること。</p> <p>5 軌道上デブリの発生の抑制 軌道上デブリ（軌道上における不要な人工物体）となるものの発生については、次のとおり対策をとるほか、設計段階から合理的に可能な限り抑制するように考慮すること。</p> <p>(1) 軌道投入段の破壊・破片拡散防止 ①ロケットの軌道投入段について、指令破壊用火工品の誤動作防止措置をとること。</p> <p>②液体ロケットについて、可能な限り残留推進薬、残留ガスを排出するとともに、排出が完了しない場合にも破壊することがないよう、内圧上昇に対して安全弁の設置等の措置を講じること。</p> <p>(2) 分離機構等 ロケットの段間分離機構、ロケット・衛星間分離機構、衛星の展開部品については可能な限り破片等を放出しないように配慮すること。</p>	<p>地上安全計画・飛行安全計画 (H-II B 4号機)</p> <p>安全に必要なデータ取得に3局のレーダ局および5局以上のテレメータ受信局を使用し、またコマンドには4局のうち最も電波リンクの良い局を選択して用いており、飛行安全管理期間（第2段ロケット軌道投入直前まで）中の電波リンクを確保している。 [飛行安全計画2.4項]</p> <p>NA（再突入飛行は該当なし）</p> <p>航空機及び船舶の航行の安全を確保するため、ロケットの打上げ、海上警戒区域、落下予想区域について関係方面に通報する。 [飛行安全計画2.2.4項]</p> <p>第2段機体の地球周囲軌道投入後、保安用コマンド受信装置の電源遮断を行い、飛行中断用火工品の誤動作を防止する。なお、火工品は太陽輻射加熱によって誤爆しない設計としている。 [飛行安全計画2.5項]</p> <p>第2段機体が推進タンク内圧上昇により破壊することを防止する目的で、ミッション終了後に液体酸素および液体水素の排出を行う。また、排出が完了しなかった場合にも、液体酸素、液体水素およびヒドランタンクは内圧上昇に対する安全弁または吹き出し弁を備えているので、タンクが破壊することはない。 また、常温ヘリウム気密器内の残留ガスは機械式調圧弁よりリークする。極低温ヘリウム気密器内の残留ガスについては安全弁を有する液体酸素タンク内に排出するとともに、極低温ヘリウム気密器自身も安全弁を有している。 [飛行安全計画2.5項]</p> <p>ロケットの段間分離時に分離機構から破片等が発生しても、分離機体と共に地上に落下し、軌道上に滞留することはない。 HTV用分離部は分離ナット方式であり、作動時には破片等を放出しない方式を採用している。 [飛行安全計画2.5項]</p>

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	地上安全計画・飛行安全計画 (H-II B 4号機)
<p>V 安全管理体制 地上安全対策、飛行安全対策を確実に遂行するため、以下のとおり、適切な体制が整備されていること。 なお、JAXAが委託に応じてロケットの打上げ及び再突入機の再突入に係る業務を行うときは、委託者及びその関係者が実施する作業並びにJAXAとの責任分担を明確にするとともに、JAXAにおいて委託者及びその関係者を含めた安全管理体制を確立すること。</p> <p>1 安全組織及び業務 専ら安全確保に責任を有する組織を整備し、これが緊密な通信手段により有機的に機能するように措置すること。 また、安全上のあらゆる問題点について、打上げ及び再突入飛行の責任者まで報告される体制を確立すること。</p> <p>2 安全教育訓練の実施 ロケットの打上げ及び再突入機の再突入飛行作業に携わる者への安全教育・訓練を実施するとともに、安全確保に係る事項の周知徹底を図ること。</p> <p>3 緊急事態への対応 打上げ作業期間中に事故が発生した場合等の緊急事態等に的確に即応するための体制を確立すること。</p> <p>VI その他安全対策実施に当たっての留意事項 個々のロケットの打上げ及び再突入機の再突入飛行に係る安全対策実施に当たっては、関係法令を遵守する他、手順書等に基づき安全を確認しつつ実施するとともに、過去におけるロケットの打上げ及び再突入機の再突入の経験等と打上げ及び再突入に関する最新の技術的知見を十分に踏まえて必要な措置をとり、安全確保のため万全を期すること。</p>	<p>JAXA及びMHIの役割、責任について「H-II Bロケット4号機の打上げに係る飛行安全計画、地上安全計画の概要」の2.2項に明確にした。 また、JAXAとMHIの安全上の指示等の関係について地上安全計画等で明確にし、MHI及びその関係者を含めた安全監視体制を確立した。 [地上安全計画 8項、飛行安全計画 5項]</p> <p>JAXAは打上げの安全を総括指揮する打上安全監視責任者の下に、射場整備作業のシステム安全評価を行う打上管制安全評価責任者、飛行安全業務を統括する飛行安全室長および地上安全業務を統括する射場安全課長を置き、安全確保等の問題については、緊密な通信手段等により打上安全監視責任者まで報告される体制をとる。またJAXAの射場安全課長は、MHI安全担当との連携を密にし、安全確保に努める。 [地上安全計画8項、飛行安全計画5項]</p> <p>打上げに先立つ期間には、安全教育および事故の発生を想定した訓練を行う。 [地上安全計画9項、飛行安全計画6項]</p> <p>打上げ作業期間中の緊急事態等に即応するために、自衛消防隊、現地事故対策本部等の体制を確立している。また事故等の状況により、JAXA/MHIが連携して必要な措置を講ずる。 [地上安全計画10項(10.1,10.2)]</p> <p>打上げ後、飛行中断等によりロケットが地表に落下した場合には、予め定められた規定に従って被害状況の把握に努め、必要な処置を講ずる。 [飛行安全計画 7項]</p> <p>打上げの実施に際しては、関連する国内法令及び機構の規程、基準、要領書等を遵守すると共に、所要の安全対策を実施し安全確保を図る。 [地上安全計画3項 7.1.1(1)、7.1.2(3)、7.1.3(7)、7.1.4(8)、7.1.5(8)、飛行安全計画 1.3項]</p>

【評価結論】

地上安全計画及び飛行安全計画についてJAXA安全審査委員会(平成25年4月2日実施)にて安全評価を行った結果、全ての項目について安全基準：「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」に適合していると判断する。
