



資料31-1-2

宇宙ステーション補給機 「こうのとり」7号機 (HTV7) の 接近・係留・離脱フェーズに係る 安全検証結果について

平成30年5月18日

国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構

HTV: H-II Transfer Vehicle

| |
|-------------------------------|
| 説明者 |
| 有人宇宙技術部門 有人システム安全・ミッション保証室 |
| 室長 白井 達也 |



目 次

1. 概要
2. HTVに対する安全性確認結果の概要
3. HTV6号機ミッションからの反映／変更事項への対応
4. HTV7号機ハザードレポート一覧
5. 基本指針に対するHTV7の適合性確認結果
6. 運用への準備等
7. 結論



1. 概要

■ JAXAは、国際宇宙ステーション (ISS) 協力の枠組みに則して、HTV7号機のISSへの接近・係留・離脱フェーズの安全性について確認・審査を行った。

主な審査結果は以下のとおり。

- JAXA有人安全審査会：平成29年12月27日、平成30年1月9日
【結論】JAXAとしてHTV7号機の安全性を確認した(全ハザードレポート(HR)の承認を完了した)
- NASA 安全審査パネル：平成30年1月29-30日、平成30年2月2日(いずれもJAXAと協同審査)
【結論】ISS全体の安全認証に責任を有する立場からNASAは、HTV7号機の安全性を確認した(全ハザードレポート(検証結果含む)の承認を完了した)
- JAXA安全審査委員会：平成30年5月7日
【結論】JAXA経営レベルとしてHTV7号機に係る有人安全審査会の審議結果を了承した

■ JAXAによる安全審査の妥当性について、評価をお願いする。

- 安全性確認結果の「宇宙ステーション補給機「こうのとり」(HTV)に係る安全対策の評価のための基本指針」※(平成24年9月6日 宇宙開発利用部会)への適合性

※以下、「基本指針」という。



2. HTVに対する安全性確認結果の概要

【HTV1～HTV6号機まで】

以下のステップで安全性を確認した。それぞれの確認結果については、宇宙開発委員会(HTV3号機まで、平成24年7月に廃止)及び調査・安全小員会(HTV4からHTV6号機)にて審議頂いた。

- (1) HTVによって起こりうるハザードをFTAを基に抽出し、個々のハザードに対して、原因の抽出、制御方法の設定と検証を行った。JAXA/NASAの安全審査会により、ハザードの識別、制御及び検証の妥当性を確認した。
- (2) 上記で識別したハザードに対して基本指針項目への対応を整理した。(別紙1-1)
- (3) HTV1号機に対し、基本指針に対する設計・検証結果を網羅的に確認した。
- (4) HTV2、HTV3、HTV4、HTV5及びHTV6号機について、号機固有の変更事項を考慮してもHTV1号機と同様に安全確保の方法が基本指針へ適合していることを確認のうえ、安全性が確保されていることを確認した。

【HTV7号機】

- (1) HTV6号機からの変更事項に対し、打上げ/軌道上安全評価への主な影響を評価し、影響するハザードレポート(HR)を識別した。(3項)
- (2) 識別されたハザードレポートに対して、原因の抽出、制御方法の設定と検証を行った。JAXA/NASAの安全審査会により、ハザードの識別、制御及び検証の妥当性を確認した。(4項)
- (3) HTV7号機で識別されたハザードに対して基本指針項目への対応を再整理し、HTV6号機までの結果と対応が異なる点はないことを確認した。(別紙1-2)
- (4) 基本指針項目に対し、HTV7号機で識別されたハザードレポートを考慮して適合性を確認した。その結果、HTV7号機固有の変更事項を考慮しても安全性が確保されていることを確認した。(5項)



3. HTV6号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV6号機からの変更事項

| 番号 | 変更点 | 打上げ/軌道上安全評価への主な影響 | 影響する基本指針 (影響するHR) |
|-------------|---------------------------------|--|---|
| フライトセグメント全般 | | | |
| 1 | 質量特性の変更 | ロケットおよびISSとのインターフェース規定内での質量特性の変動であり、安全評価への影響はない。通常作業として質量特性解析等がアップデートされ、誘導制御系解析により評価される。 | なし |
| 2 | 太陽電池パネル/ミッション機器の搭載コンフィギュレーション変更 | ミッション機器は非搭載であるが、太陽電池パネルの搭載位置はHTV6と同様でありハザードレポートへの影響はない。 | なし |
| 3 | 小型回収カプセル&与圧隔壁搭載 | 小型回収カプセルの搭載に伴う与圧隔壁追加以外のHTV側ハードウェア変更はない。与圧隔壁の搭載はISS離脱時におけるISS離脱前の減圧時のリークを防ぐためのものである。 与圧隔壁の追加に伴って、船内の火災(HTV-0001)、汚染(HTV-0002)、シールからの漏えい(HTV-0004)、軌道上荷重による構造破壊(HTV-0005)、過加圧による構造破壊(HTV-0006)、搭乗員の鋭利端部へ接触、挟み込み(HTV-0014)、HTVからの退避不能(HTV-0016)のハザードが識別された。 各ハザードに対し、適切なハザード制御が設定され、検証されたことを確認した。 与圧隔壁のシールからの漏えいに関しては5~6頁参照。 | 4項宇宙環境対策、 5項構造 7項誘導・制御 10項人間機械系設計 11項緊急対策 (HTV-0001 HTV-0002 HTV-0004 HTV-0005 HTV-0006 HTV-0014 HTV-0016) |
| 4 | ガラスクロステープの変更 | アウトガス量の少ないガラスクロステープを適用する設計改善であり、ハザードレポートへの影響はない。 | なし |



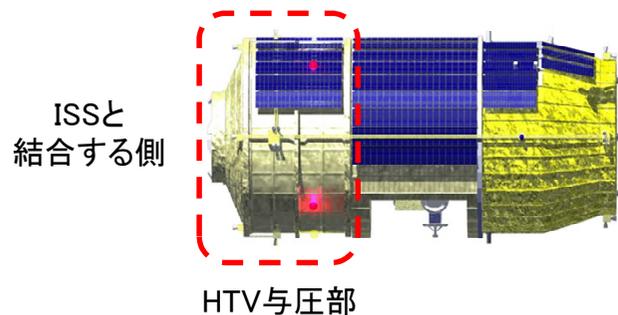
3. HTV6号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



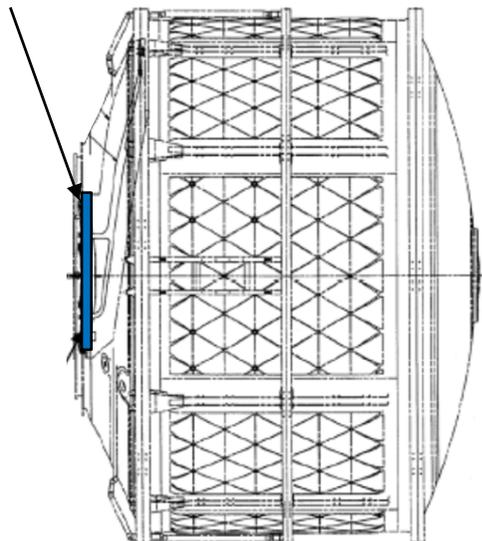
HTV6号機からの主要な変更事項(変更点:番号3)

小型回収カプセル&与圧隔壁搭載

- 小型回収カプセルはISS離脱前にHTVのハッチ部近傍に搭載されるが、カプセルを放出するためにはHTVのハッチを閉じることができない。
- HTVのハッチ部を閉じないと与圧キャリア内すべてを減圧することになるため、HTVのハッチの代わりに与圧隔壁で与圧部の入り口を閉鎖する。

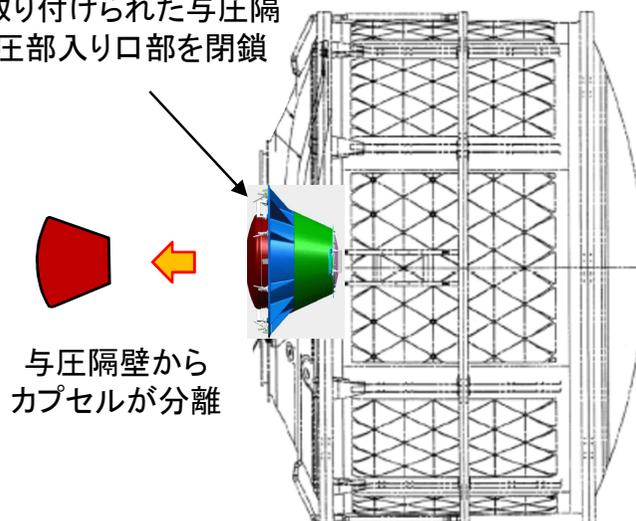


HTVのハッチ



従来号機での形態
(ISS接近時・ISS離脱時共通)

HTVのハッチの代わりに、カプセルが取り付けられた与圧隔壁で与圧部入り口部を閉鎖



HTV7でISS離脱時の形態
(ISS接近時は従来号機から変更なし)



3. HTV6号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV6号機からの主要な変更事項(変更点:番号3)
小型回収カプセル&与圧隔壁搭載
与圧隔壁のシール部からのリークに対する評価

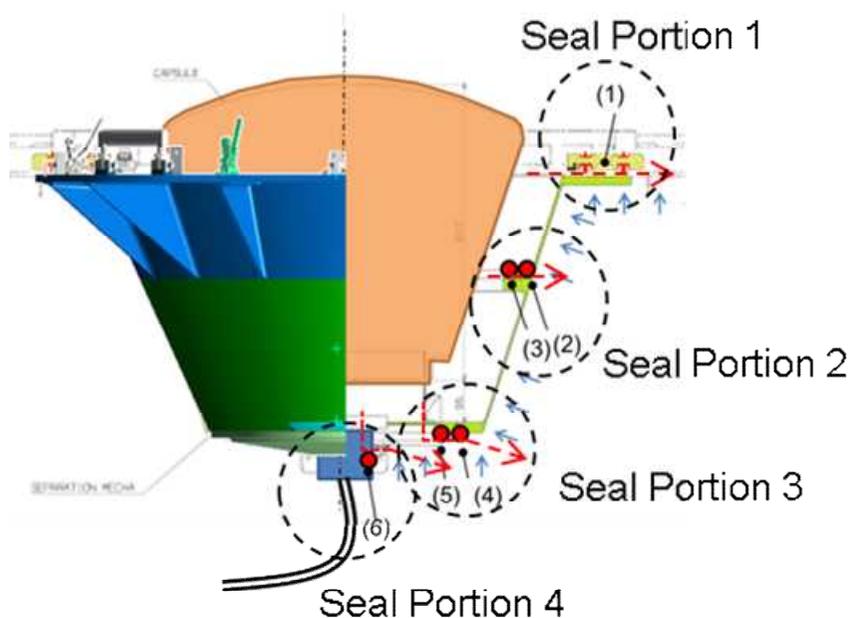


図 小型回収カプセル与圧隔壁シール位置
およびリークパス

- 小型回収カプセルの与圧隔壁のシールはISS側のハッチを閉じた後に機能するため、リークした場合でも搭乗員の安全には影響ない。
- もしもシール部からリークが起きた場合でも、シール部からのリーク量は微小であるため、ISSロボットアームに与える荷重およびHTVの軌道への影響はない。
- 以下各与圧隔壁シールに対する評価を示す。
 - ① (Seal Portion 1)
 - シールは冗長である。
 - 個々のシールに対して試験で確認した。
 - ② (Seal Portion 2) および (Seal Portion 3)
 - シールは冗長である。
 - 地上で与圧隔壁組立状態での試験を複数回実施していること(個々のシールにおけるリーク試験は実施できない)、軌道上で宇宙飛行士がシールの外観確認を行うこと、軌道上で隔壁の船外側を減圧した時にリークを防ぐ方向に圧力がかかることを確認した。
 - ③ (Seal Portion 4)
 - シールは単独。
 - 地上で与圧隔壁組立状態でリーク試験を実施、適切な手順で組立を実施したこと、地上でのリークチェック以降当該部の取り外しはなくシールの状態が維持されること、軌道上での減圧時にリークを防ぐ方向に圧力がかかることを確認した。



3. HTV6号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV6号機からの変更事項

| 番号 | 変更点 | 打上げ/軌道上安全評価への主な影響 | 影響する基本指針 (影響するHR) |
|---------------|------------------------|--|---|
| 与圧キャリア | | | |
| 5 | 航法灯個数削減によるMLI切欠き部を塞ぐ処置 | 与圧部MLIの航法灯取付用切欠き部を削除したのみであり、ハザードレポートへの影響はない。(非与圧側MLIの切欠き部削除はHTV6にて実施済み) | なし |
| 6 | ユーザージャンパケーブルのピンアサイン変更 | 小型回収カプセルに給電するユーザジャンパケーブルについて以下の2点を改修する。いずれも改善であり、ハザードレポートへの影響はない。 (1)安全の観点から中継コネクタのHOTとRTNピンを1ピン以上離す。 (2) グランドラインを中継コネクタより機体側で機体に接地する。(中継コネクタにグランドピン追加) | なし |
| 7 | 与圧部ヒータ削減 | 過去の運用結果・解析結果に基づいてヒータの個数を最適化し、120V構体ヒータ/ベスティビュールヒータ、50V追加ベスティビュールヒータを削除した。本変更に伴う熱解析を行い、火災への影響はなく、搭乗員の接触温度要求(4℃～49℃)を満たすことを確認した。ハザードレポートのヒータコンフィギュレーション図が変更され、検証データも更新されたが安全への影響はない。 | 5項構造・材料 10項人間機械系設計 (HTV-0001 HTV-0013) |



3. HTV6号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV6号機からの変更事項

| 番号 | 変更点 | 打上げ/軌道上安全評価への主な影響 | 影響する基本指針 (影響するHR) |
|----------------|-------------------------------------|--|----------------------|
| 非与圧キャリア | | | |
| 8 | ミッション機器の非搭載処理 | ミッション機器用のワイヤ・ハーネスは適切に絶縁処理されており、搭載部もMLIで覆われているため、ハザードレポートへの影響はない。 | なし |
| 9 | ミッション機器搭載用開口部の不使用に伴うMLI改修(開口部を塞ぐ処置) | ミッション機器取付インターフェースとして-Z側に開口部が設けられているが、HTV7では機器搭載がないため、開口部を塞ぐようにMLIを設計変更したのみであり、ハザードレポートへの影響はない。 | なし |
| 10 | HTV6非搭載構体温度センサの艀装 | HTV5まで搭載されていた構体温度センサの再艀装であり、また、船外に艀装されるため、ハザードレポートへの影響はない。 | なし |



3. HTV6号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV6号機からの変更事項

| 番号 | 変更点 | 打上げ/軌道上安全評価への主な影響 | 影響する基本指針 (影響するHR) |
|----------------|--------------------------------|--|----------------------|
| 推進モジュール | | | |
| 11 | ミッション機器(KITE,SFINKS)の 非搭載処置 | HTV6でミッション機器(KITE, SFINKS)が搭載されていた部位のプレート搭載用金具は、HTV7では搭載がないため、取外しされるか、あるいは金具にダミープレート/MLIを取り付けてむき出しにならないよう処置された。いずれも適切にMLIでおおわれており、ハザードレポートへの影響はない。 | なし |
| 12 | アウトガス量の少ないガラスクロステープへの変更 | アウトガス量の少ないガラスクロステープを適用する設計改善であり、ハザードレポートへの影響はない。 | なし |



3. HTV6号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV6号機からの変更事項

| 番号 | 変更点 | 打上げ/軌道上安全評価への主な影響 | 影響する基本指針 (影響するHR) |
|----------------|--|--|------------------------|
| 電気モジュール | | | |
| 13 | COM IOS-Nadir系統の削除 | IOS-Nadir系統のアンテナは3故障以上発生して、HTVの姿勢が大きく変わったときに使用が要求されるものである。ハザード制御は2故障許容による安全を確保しているため、ハザードレポートへの影響はない。また、本アンテナに対する電磁適合性の評価が不要となった。 | 4項宇宙環境対策 (HTV-0017) |
| 14 | P-BAT台数を1台削減 (6台→5台) | HTV7ではP-BATの台数が削減されたが、与圧部ヒータが削減されており、電力消費量も減少している。電力リソース解析を更新し、ハザード制御に対する影響はなく、安全への影響はないことを確認した。 | 8項電力 (HTV-0008) |
| 15 | RVFSの改修 - 北上飛行経路再突入誤差の改善 - RVS 再捕捉後のリトリート時 コリドーチェック閾値変更 | 小型回収カプセルの搭載に伴い、LVICマヌーバ時の誘導アルゴリズムの北上飛行経路再突入誤差を改善するものであり、軌道上安全評価への影響はない。 RVS再補足後のリトリート(規定の位置まで戻る)時の経路チェック閾値変更に関しては、Rバー(ISSの地球半径方向)におけるリトリートの場合、ノミナル接近経路と異なるために経路の誤検知が起こる可能性があったため、変更したものの。ISSへの衝突ハザード制御への影響がないことを確認した。 | 7項誘導・制御 (HTV-0008) |

LVIC: Long duration Velocity Increment Cut off:

HTVの誘導方法のひとつ。マヌーバ噴射前～開始までピッチ姿勢角を制御することで慣性空間上のHTVの姿勢を固定する。



3. HTV6号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV6号機からの変更事項

| 番号 | 変更点 | 打上げ/軌道上安全評価への主な影響 | 影響する基本指針 (影響するHR) |
|----------|-------------------------------|---|--|
| HRR/ISPR | | | |
| 16 | NASAラック、ESAラック | 打上げに関する荷重および軌道上荷重は与圧部の耐荷重範囲内であることを構造解析等により確認した。 | 5項構造材料 HTV-0005 |
| 番号 | 変更点 | 打上げ/軌道上安全評価への主な影響 | 影響する基本指針 (影響するHR) |
| 運用 | | | |
| 17 | NASA ISS搭載可搬型PCを使用した緊急時のHTV運用 | ISS搭乗員による緊急コマンドの送信端末がNASA ISS搭載可搬型PCに変更になった。本変更によりコマンド送信から応答確認までの時間が20秒程度長くなったが、誘導制御系解析によりISSからの離脱に安全上の影響がないことを確認した。また、本変更にともないHTV-0008のHTV専用コマンド端末のケーブルがハッチ間を跨ぐドラッグスルーケーブルに関する不適合報告書は不要とした。詳細は12頁～13頁参照。 | 7項誘導制御 10項人間機械系設計 (HTV-0008 HTV-0010 HTV-0017) |
| 番号 | 変更点 | 打上げ/軌道上安全評価への主な影響 | 影響する基本指針 (影響するHR) |
| 再突入 | | | |
| 18 | 小型回収カプセル搭載に伴う再突入着地予定区域の変更 | 打上げおよび軌道上安全評価への影響はない。再突入安全への影響評価については再突入安全審査にて実施した。 | N/A |



3. HTV6号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



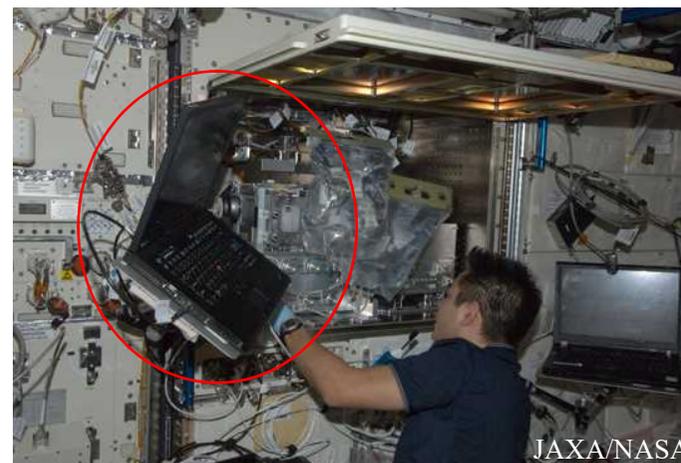
HTV6号機からの主要な変更事項(変更点:番号17)

NASA ISS搭載可搬型PC を使用した緊急時のHTV運用

- ISS搭乗員による緊急コマンドの送信端末が従来号機で使用してきたHTV専用のコマンド端末(HCP:搭乗員コマンドパネル)からNASA ISS搭載可搬型PC(PCS)に変更になった。
- 本変更に伴い、HTV専用コマンド端末のケーブルがハッチ間を跨ぐドラッグスルーケーブルに関する不適合報告書は不要とした。



HTV専用のコマンド端末(HCP)
従来号機



NASA ISS搭載可搬型PC(PCS)
HTV7号機



3. HTV6号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV6号機からの主要な変更事項(変更点:番号17)

NASA ISS搭載可搬型PC を使用した緊急時のHTV運用

NASA ISS搭載可搬型PC を使用した緊急時のHTV運用の変更に伴う評価

- ISS搭乗員による緊急時のコマンド送信がHTV専用の端末からNASA ISS搭載可搬型PCへ変更になったことに伴い、搭乗員によるHTVコマンド運用の送信から応答確認までの時間が延びる。
 - 従来と比較してNASA ISS搭載可搬型PCを使用した場合約20秒延びる。
 - 緊急時のコマンドについて20秒延びた場合でもISSへ衝突しないことを誘導制御系解析により確認した。

| Items | HTV7号機 HTV w/PCS | 従来号機 HTV w/HCP |
|-----------|--|---|
| 運用シーケンス | 1. 「Ready command」送信 2. 「Arm command」送信 3. 「Arm command」の応答確認. 4. 「Execute command」送信. 5. 「Execute command」の応答確認 | 1. 不要 2. 「Arm」 button押下(「Ready & Arm command」送信). 3. 「Arm」 LED点灯(「Arm command」確認). 4. 「Exec.」 button押下. (「Execute command」確認). 5. 「Exec.」 LED点灯(「Execute command」確認). |
| テレコマ送信 | | |
| 応答確認までの時間 | 32.620 sec | 12.400 sec |

PCS: NASA ISS搭載可搬型PC、CCS: ISSの通信制御機、 HCP:HTV専用端末



4. HTV7号機ハザードレポート一覧 (1/12)

| HR No. | ハザード タイトル | 被害の 度合い | ハザード内容 | HTV1号機の対応 (検証については下線を付す) | HTV7号機の対応及び検証結果 |
|----------|--------------|------------------|--|--|---|
| HTV-0001 | 船内での 火災 | I (カタストロフィック) | 非金属材料の燃焼により火災が発生し、船内活動搭乗員の死傷に至る。 | <p>【リスク最小化設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> 非金属材料に難燃性の材料を選定し、<u>結果を使用材料リスト(MIUL)で確認した。</u> ヒータまたは電子機器の温度をモニタし、異常時に電力を遮断することで過熱を防止する設計となっていることを解析や試験で確認した。 | <ul style="list-style-type: none"> HTV7号機で更新された使用材料リスト(MIUL)を再確認し、追加された材料(与圧隔壁等)が難燃性の要求を満足することを確認した。 電力遮断に係るシステム設計解析についてはHTV1から変更なし。補給キャリア与圧部のヒータが削減されたため、再解析を実施した。温度モニタや遮断機能に係るHTV7号機のハードウェアが健全であることを試験で確認した。 |
| HTV-0002 | 船内の汚染 | II (クリティカル) | 非金属材料からのオフガスにより船内空気が汚染され、搭乗員の健康を阻害する。 | <p>【リスク最小化設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> 構造・内装・搭載機器等に使用される非金属材料は、オフガス発生量の少ない材料を選定し、<u>機器・ラック及びモジュールレベルの試験で許容範囲内であることを確認した。</u> | <ul style="list-style-type: none"> モジュールレベルの試験を行い、オフガス濃度が許容範囲内であることを確認する。(6項3番) |
| HTV-0003 | 推進剤漏洩による汚染 | I (カタストロフィック) | HTVの推進剤燃料(モノメチルヒドラジン:MMH)、酸化剤(四酸化二窒素:NTO)共に人体には有害であるため、宇宙飛行士の推進剤への接触は、推進系を有するHTV固有のハザードとなる。即ち、HTVから大量に推進剤が漏洩した場合、一部が宇宙服に付着し、船内に持ち込まれる可能性がある。 | <p>【2故障許容設計】</p> <ol style="list-style-type: none"> 前方スラスト設置近辺は船外活動が想定されるため、バルブを3重に設置し、大量漏洩を避けられるような設計となっていることを検査で確認した。<u>また、バルブや配管等に漏れが無いことを漏洩性能試験で確認した。</u> 船外活動中に不意のスラスト開放指令を出さないよう、制御系を停止させる手順とした。 | <ol style="list-style-type: none"> 遮断弁の機能(シール性や耐圧性)及びシステムの動作の妥当性について単体の検査及び機能試験で確認した。なお、推進剤漏洩の検知の精度を高めるために試験条件を高圧にして確認した。また、射場で設定する継手が漏えいしないことや、システムがバルブを適切に制御できることについて射場で最終確認する予定。(6項1番) スラスト弁が開かないように制御系を停止させる運用はHTV7号機でも変更ない。制御系が適切に停止できることについては機能試験で確認した。 |



4. HTV7号機ハザードレポート一覧 (2/12)

| HR No. | ハザードタイトル | 被害の度合い | ハザード内容 | HTV1号機の対応 (検証については下線を付す) | HTV7号機の対応及び検証結果 |
|----------|-----------------|------------------|---|---|---|
| HTV-0004 | シール/バルブ類からの空気漏洩 | I (カタストロフィック) | HTVと船内と船外の間のシール部、または排気弁からの空気の漏洩により、船内が減圧し、船内活動搭乗員の死傷に至る。 | <p>【2故障許容設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> シール部は2重とし、排気弁の意図しない開放を防止するため、2つのスイッチを設けた。<u>それぞれ検査や試験で確認した。</u> 万が一漏洩したとしても、搭乗員が退避する時間が確保できる設計であることを解析で確認した。 | <ul style="list-style-type: none"> 与圧隔壁からのシールに対して新たにハザード制御(2故障許容設計+リスク最小化設計)を設定し、検証結果を確認した。(6頁参照) 万が一漏えいした場合の退避シナリオはフライトルールとして確立しており、HTV7号機として再検証は不要。なお、与圧隔壁は、HTVのISSからの離脱運用において、HTV内からクルーが退避した後にHTVを閉鎖するために使用するものであり、その後に、万が一隔壁からの空気漏えいが発生したとしてもISS船内の減圧には至らないため、減圧によるハザードは想定されない。 |
| HTV-0005 | 軌道上荷重に対する構造破壊 | I (カタストロフィック) | 軌道上荷重(リブーストによる荷重等)により構体の破損や把持構造の損傷によりISSを損傷し搭乗員に致命的な影響を与える。 | <p>【リスク最小化設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> 打上げ・軌道上・帰還・着陸等の定常運用における全ての荷重モードに対し十分な剛性・静強度・疲労強度を持つよう設計し解析で検証した。<u>なお、構造解析に使用した構造数学モデルは、試験を実施し、ハードウェアとの相関性を確認した。また構造部材は疲労解析を行い十分な疲労寿命を有することを確認した。</u> 耐熱性・耐食性・耐応力腐食性・耐電食性等を考慮し、過去の実績のある構造材料を選定したこと材料識別使用リスト(MIUL)、及び材料使用合意書(MUA)で確認した。 | <ul style="list-style-type: none"> 従来から設定されている構造部材に対する破壊管理計画を適用し、HTV7号機のフライト品主構造が適切に製造されたことを破壊管理報告書(各種検査記録等を取りまとめた文書)で確認した。 小型回収カプセル搭載用の与圧隔壁は構造解析(解析検証の不確定係数を加算)にて、十分な強度を有していることを確認した。 HTV7号機で更新された使用材料リスト(MIUL)を再確認し、HTV7号機で追加された材料等(与圧隔壁)については、過去の実績のある適切な構造材料が選定されたことを確認した。 |



4. HTV7号機ハザードレポート一覧 (3/12)

| HR No. | ハザード タイトル | 被害の 度合い | ハザード内容 | HTV1号機の対応 (検証については下線を付す) | HTV7号機の対応及び検証結果 |
|----------|--------------|------------------|--|--|--|
| HTV-0006 | 過加圧による構造破壊 | I (カタストロフィック) | 圧力荷重等により構体の破損によりISSを損傷し搭乗員に致命的な影響を与える。 | <p>【リスク最小化設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 打上げ・軌道上・帰還の定常運用における全ての荷重モードに対し十分な剛性・静強度・疲労強度を持つよう設計し解析で検証した。なお、構造解析に使用した構造数学モデルは、<u>試験を実施し、ハードウェアとの相関性を確認した。</u>また構造部材は疲労解析を行い十分な疲労寿命を有することを確認した。 • <u>耐熱性・耐食性・耐応力腐食性・耐電食性等を考慮し、過去の実績のある構造材料を選定したこと材料識別使用リスト(MIUL)、及び材料使用合意書(MUA)で確認した。</u> • <u>与圧構造の許容圧力を超えないように、適切な熱制御を行うことで、最悪条件でも許容圧力を超えないことを解析で検証した。</u> | <ul style="list-style-type: none"> • 与圧隔壁については新たに構造解析および耐圧試験により十分な強度を有することを確認した。また、破壊防止管理計画書に基づき、適切に製造されたことを確認した。 • 熱解析を実施し、最悪の熱条件でも与圧隔壁の許容圧力を越えないことを解析により確認した。 • HTV7号機で更新された使用材料リスト(MIUL)を再確認し、HTV7号機で追加された部材等(与圧隔壁等)については、過去の実績のある適切な構造材料が選定されたことを確認した。 • 許容圧力解析の前提となる熱制御や圧力リリーフ機能の健全性についてはHTV7号機を用いた試験等で確認した。なお、圧力リリーフ機能の最終確認は射場で行われる予定。(6項4番) |



4. HTV7号機ハザードレポート一覧 (4/12)

| HR No. | ハザード タイトル | 被害の 度合い | ハザード内容 | HTV1号機の対応 (検証については下線を付す) | HTV7号機の対応及び検証結果 |
|----------|--------------|------------------|--|---|--|
| HTV-0007 | 推進系又は電池の爆発 | I (カタストロフィック) | 推進系の圧力制御機能の異常により、配管や機器の設計圧を超えた圧力が印加され、最悪爆発に至ってしまう。 | 【2故障許容設計】 ヘリウム気蓄器から燃料/酸化剤タンクへの供給配管までに2直列の調圧弁を設け、さらにこの調圧弁が故障しても遮断弁を閉めることで過加圧が防止できる2故障許容設計とした。 <u>各バルブの健全性については製品単体の検査(性能試験や耐圧試験)で確認した。</u> これにより、ISS近傍におけるヘリウムガス系の故障に起因する推進系の過加圧を防ぐ。なお、この時点では遮断弁の下流配管のガスだけで飛行に十分なヘリウムガス圧力は確保している。一方、遮断弁の上流側に破裂板を設置することで、上流の過加圧が生じないようにしている。 | HTV7号機に搭載するバルブの健全性については、製品単体の検査(性能試験や耐圧試験)で確認した。 |
| | | | ヒータ系の異常加熱により、配管や機器の設計圧を超えた圧力が印加され、最悪爆発に至ってしまう。 | 【2故障許容設計】 ヒータに設置されている温度センサが規定の温度以上になると、ヒータ制御装置内の二つのスイッチ及びその上流のデータ中継装置がヒータへの電力供給を停止する設計とした。本機能の検証として、 <u>ヒータ制御機能の試験では実際に異常値を模擬したデータを入力した際にヒータへの電力供給が停止されることを確認した。</u> | |



4. HTV7号機ハザードレポート一覧 (5/12)

| HR No. | ハザード タイトル | 被害の 度合い | ハザード内容 | HTV1号機の対応 (検証については下線を付す) | HTV7号機の対応及び検証結果 |
|----------|--------------|------------------|--|--|--|
| HTV-0007 | 推進系又は電池の爆発 | I (カタストロフィック) | 短絡で大電流が流れた場合の電池温度上昇によって、内圧が上昇しセルが破裂してしまう。 | 【リスク最小化設計】 個々の電池セル内に、過大な電流が流れたときに溶断して電流を遮断するヒューズが設けられていることを製品検査で確認した。 一次電池の放電を行うバッテリー制御ユニットの保護回路(過電流を検出して電流を遮断する)が適切に作動することを機能試験で確認した。 | 電池セルにヒューズが設けられていることを製品検査で確認した。 また、過電流を検出して電流を遮断する機能が動作することを機能試験で確認した。 |
| | | | 逆電圧や過充電等、不適切な電圧制御により電池セルが損傷して破裂に至る。 | 【2故障許容設計】 一次電池に対しては、多段の逆流防止回路により逆電圧を防止できる設計になっていることを製品検査で確認した。 二次電池については、充電回路やバス電圧監視機能が冗長化され、適切に機能することを機能試験で確認した。 | 一次電池に対し、多段の逆流防止回路が周辺回路に組み込まれていることを製品検査で確認した。 二次電池に対し、冗長化された充電回路やバス電圧監視機能が適切に機能することを機能試験で確認した。 |
| | | | 電池の容器が十分な耐圧強度を有していない、あるいは圧カリリースができずに破裂してしまう。 | 【リスク最小化設計】 電池容器が使用圧力に対して適切な安全率を確保していることについて製品検査で確認した。 また、万が一の内圧上昇時に圧カリリースを行うためのラプチャ(破断)機構が適切に機能することを実証試験で確認した。 | HTV7号機に搭載される電池セルが要求仕様に適合していることを製品検査で確認した。 |



4. HTV7号機ハザードレポート一覧 (6/12)

| HR No. | ハザード タイトル | 被害の 度合い | ハザード内容 | HTV1号機の対応 (検証については下線を付す) | HTV7号機の対応及び検証結果 |
|----------|-----------------|--------------------------|---|--|--|
| HTV-0008 | HTVのISS への衝突 | I (カタスト ロフィッ ク) | <p>飛行管制、分離機構等のHTVの安全上重要なソフトウェア機能の誤動作により、HTVのISSへの衝突、機器の意図しない分離により他のISS機器へ衝突し、居住モジュールの破損による搭乗員の死傷にいたる。</p> | <p>【故障許容またはリスク最小化設計】 ISS共通のソフトウェア安全要求を適用した。</p> <ul style="list-style-type: none"> 機能喪失がハザードとなる場合、独立した複数機能を搭載する。 不意起動がハザードとなる場合、危険な機能の起動に対する3重インヒビットを設ける。 <p><u>ソフトウェアの検証として以下を実施した。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <u>ソースコードの審査</u> <u>ソフトウェア単体試験</u> <u>シミュレータ試験</u> <u>独立部門による独立評価(IV&V)</u> <u>ハードウェア搭載後のシステム試験</u> | <ul style="list-style-type: none"> 更新したソフトウェアに対し、以下の試験を実施し変更の妥当性を確認した。 ソースコードの審査 ソフトウェア単体試験 シミュレータ試験 フライトソフトウェアインストール後のシステム試験(6項5番) |
| | | | <p>誘導制御系の故障によりHTVが正しく制御できなくなりISSに衝突してしまう。</p> | <p>【2故障許容設計】</p> <p>a. <u>上記計算機やコントローラの機能性能についてはソフトウェアを組み合わせた試験で確認した。</u></p> <p>b. <u>誘導制御計算機内で2故障が発生した際に、自動で緊急離脱系へ切り替わることについて試験で確認した。</u></p> | <p>a. HTV7号機のフライトハードウェアが所定の機能を提供できることについて、機器単体及びソフトウェアを組み合わせた試験で確認した。</p> <p>b. HTV7号機の誘導制御計算機及び緊急離脱装置間のインターフェース試験において、自動で緊急離脱系へ切り替わることについて試験で確認した。</p> |
| | | | <p>センサ系の異常によりHTVが正しく制御できなくなりISSに衝突してしまう。</p> | <p>【2故障許容設計】</p> <p>a. <u>誘導制御に必要なセンサは、すべて2個以上設置し、計測値の比較等も踏まえて1故障許容設計とした。センサの機能性能等については購入時の製品検査や機能試験で確認した。</u></p> <p>b. <u>センサが2故障した場合、すなわちセンサの出力値が信頼できないような場合は、誘導制御計算機から緊急離脱制御装置に切り替わり、緊急離脱できることを試験で検証した。</u></p> | <p>a. HTV7号機のフライト品センサについて、機能性能に問題が無いことを製品検査及び機能試験で確認した。</p> <p>b. センサ異常に対応する処理ロジックは誘導制御計算機に搭載されソフトウェアに組み込まれているが、該当する処理ロジックに変更がないことを確認した。</p> |



4. HTV7号機ハザードレポート一覧 (7/12)

| HR No. | ハザード タイトル | 被害の 度合い | ハザード内容 | HTV1号機の対応 (検証については下線を付す) | HTV7号機の対応及び検証結果 |
|----------|--------------|------------------|--|---|--|
| HTV-0008 | HTVのISSへの衝突 | I (カタストロフィック) | 推進系の故障でHTVが正しく制御できなくなりISSに衝突してしまう。 | 【2故障許容設計】 a. 姿勢制御システムを構成するバルブ・推進系の圧力、温度センサ等の機能部品が故障した場合、別系統に切り替えることで1故障許容とできる設計とした。各系統の機能や系統切り替えが問題無くできることについて試験で確認した。 b. 2故障時は、自動で緊急離脱系へ切り替わることについて試験で確認した。 | a./b. HTV7号機の誘導制御計算機試験及び緊急離脱装置間のインタフェース試験において、各系統の機能や系統切り替えおよび自動で緊急離脱系へ切り替わることを確認した。 |
| | | | 推進系配管の凍結、破損後の漏洩により、HTVが正しく制御できなくなりISSに衝突してしまう。 | 【2故障許容設計】 姿勢制御システム、メインエンジン系統が繋がっている主要な配管／バルブ／推進薬タンクへのヒータ3重化の施工により、2故障許容設計とした。 <u>熱解析の結果、ヒータ1系統だけでも凍結が防止できることを確認した。また、ヒータシステムの機能性能についてはシステム試験等で問題無いことを確認した。</u> | ヒータ故障時の凍結防止に係る温度解析については、環境条件や熱設計に変更がないため従来の解析が有効である。熱解析の前提条件ともなっているヒータシステムの機能については、機能試験で問題ないことを確認する。(6項4番) |
| | | | HTVがISSロボットアームで把持される際は、所定の領域内に相対停止し、位置・姿勢制御機能を完全停止する必要がある。もし所定の領域を外れた場所で把持された場合、最悪ISSロボットアームが損傷し、結果的にISSに衝突させてしまう可能性がある。 | 【リスク最小化設計】 a. 姿勢やセンサの誤差を考慮した適切な把持領域が設定できたことを、NASA及びカナダと協力して解析で確認した。 b. 予定外の姿勢でHTVが放出された場合でも、HTVの制御機能を搭乗員や運用者が起動して姿勢制御を実施できることを解析および試験で検証した。 | ISS搭乗員から接近中断等のコマンドを送信するための機器がHTV専用の端末から共用のISS搭載可搬型PCに変更になったことを反映した。(13頁参照) a. 把持領域の設定についてはHTV1号機以降変更はない。 b. ISS搭載可搬型PCに変更になったことを考慮しても、放出後のHTVの姿勢制御を実施できることを誘導制御系解析で確認した。また、専用端末の使用がなくなったことに伴い、モジュール間を跨ぐケーブルに対する安全要求の不適合報告書が不要となった。 |



4. HTV7号機ハザードレポート一覧 (8/12)

| HR No. | ハザードタイトル | 被害の度合い | ハザード内容 | HTV1号機の対応 (検証については下線を付す) | HTV7号機の対応及び検証結果 |
|----------|-------------|------------------|---|--|--|
| HTV-0008 | HTVのISSへの衝突 | I (カタストロフィック) | HTV近傍域通信システムとのリンク遮断により、HTVに異常が確認された際の緊急コマンドが打てず、ISSに衝突させてしまう。 | 【2故障許容設計】 HTVは「きぼう」に設置された近傍通信システム(PROX)と2系統の通信リンクをする他、バックアップとして衛星間通信衛星との直接通信リンクを確保できるようにしている。このため、通信系統の機器が2重故障を起こしても通信手段を失うことはない。各通信系統の機能については機器単体の受け入れ検査やシステムレベルの機能試験で問題が無いことを確認した他、異常があった場合に自動でシステムが切り替えられることについても確認している。通信・伝送系統全体の確認としてはNASA地上局やISSを模擬した設備も含めたEnd-to-End試験も実施して良好な結果を得た。 | HTV7号機に搭載する通信系機器及びシステム機能について、受け入れ検査や機能試験で問題が無いことを確認した。 |
| | | | 電源系の異常によりHTVが機能喪失してISSに衝突してしまう。 | 【2故障許容設計】 単独飛行中は、太陽電池及び二次電池並びに一次電池からの供給電力で飛行する。一次電池の個数は、運用上必要な容量を解析評価した上で2故障時の最悪シナリオを賄える個数のセルを搭載した。バッテリー及びその周辺回路がISS共通の要求に適合していることについては検査及び試験で確認した。 | HTV1号機は一次電池を11台搭載していたが、実際の運用で太陽電池と二次電池だけでほとんど賄えたため、マージンを見直した。この結果、一次電池の台数はHTV7号機では5台とした。電力リソース解析を更新し、安全への影響がないことを確認した。 HTV7号機に搭載されるバッテリー及びその周辺回路がISS共通の要求に適合していることについて、検査及び試験で確認した。打上げ前にバッテリーが適切に充電されることについては射場で確認する予定。(6項4番) |



4. HTV7号機ハザードレポート一覧 (9/12)

| HR No. | ハザードタイトル | 被害の度合い | ハザード内容 | HTV1号機の対応 (検証については下線を付す) | HTV7号機の対応及び検証結果 |
|----------|-------------|------------------|---|---|---|
| HTV-0009 | 隕石/デブリの衝突 | I (カタストロフィック) | 隕石・スペースデブリがHTVと圧キャリアへ衝突すると船内活動搭乗員への致命的な事象にいたる。またHTV圧力容器への衝突は、容器破裂による破片またはHTV自体のISSへの衝突にいたる。 | <p>【リスク最小化設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> 直径1cm以下のデブリは、スタッフィング入りバンパによる貫通防御対策を行う。<u>バンパの有効性については要素試験で検証し、実機にバンパが適切に取り付けられていることを検査で確認した。</u> 直径10cm以上のデブリに対しては、ISSの軌道制御により衝突回避する手順となっていることを、<u>手順書(フライトルール)にて確認した。</u> 直径1～10cmのデブリに対しては、衝突により与圧モジュールをデブリが貫通した場合、搭乗員は安全なモジュールへ退避する手順を<u>手順書(フライトルール)にて確認した。</u> | <ul style="list-style-type: none"> バンパが検証済みの設計どおりに製作されていることを検査で確認した。また、全てのバンパが所定の場所に取り付けられたことを射場の検査で確認する。(6項3番) 直径10cm以上のデブリを回避する運用については、HTV7号機固有の事項はない。 万が一デブリが衝突した場合の対応手順についても確立しており、HTV7号機固有の事項はない。 |
| HTV-0010 | 機器の誤放出による衝突 | I (カタストロフィック) | HTVの分離機構の意図しない動作により機器が放出し、他のISS機器へ衝突し、居住モジュールの破損による搭乗員の死傷にいたる。 | <p>【2故障許容設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> 分離機構のアクチュエータに3つのスイッチを設け、意図しないタイミングに機構が動作するのを防止する設計とした。<u>機能試験や射場での組み立て時にスイッチが正常であることを確認した。</u> | <ul style="list-style-type: none"> HTV7号機からISS搭乗員が緊急時にロボットアーム把持部を分離するコマンドを送信するための専用端末が変更になったが、従来と同様に機能することをNASAからの情報に基づき確認した。 HTV7号機のフライトハードウェアが健全であることや、システムとして適切に機能することについて受け入れ検査、機能試験で確認した。また、射場での組み立て時にスイッチが正常であることを確認する。(6項4番) |



4. HTV7号機ハザードレポート一覧 (10/12)

| HR No. | ハザードタイトル | 被害の度合い | ハザード内容 | HTV1号機の対応 (検証については下線を付す) | HTV7号機の対応及び検証結果 |
|----------|------------|------------------|---|---|---|
| HTV-0011 | 破片の飛散 | I (カタストロフィック) | HTVキャビンファンの破損により生じた破片が飛散し、他のISS機器へ衝突による居住モジュールの破損または直接搭乗員へ衝突することにより死傷に至る。 | 【リスク最小化設計】 •ファンは、ハウジング等により、破片の飛散が防止されていることを検査にて確認した。 | •HTV7号機に搭載されるファンを検査で確認した。 |
| | | II (クリティカル) | ガラスの破片、地上での組み立て時に船内残留する金属片による搭乗員の目・肺への障害に至る。 | 【リスク最小化設計】 •ガラス機器は、破片が飛散しないように封入設計となっていることを検査で確認した。また初入室時にはゴーグルを装着する手順であることを確認した。 | •船内で使用する照明装置が設計どおり(封入対応)であることを検査で確認した。 •軌道上で入室する際の手順(ゴーグル着用)は既にフライトルールとして確立しており、HTV7号機として再検証は不要。 |
| HTV-0012 | 搭乗員の感電 | I (カタストロフィック) | 搭乗員が高電圧表面に触れることにより感電し、搭乗員の死傷にいたる。 | 【リスク最小化設計】 •高電圧露出表面のないこと、また適切に接地されていることを検査で確認した。 | •HTV7号機の機器等が適切に接地されたことを検査で確認した。なお、HTVの構成要素間の接地等については射場で確認する。(6項2番) |
| HTV-0013 | 搭乗員の接触温度異常 | II (クリティカル) | 装置の高温部または低温部に搭乗員が触れ、火傷または凍傷を負う。 ※船外活動員に対する許容外表面温度: -117~112°C ※船内活動員に対する許容外表面温度: -18~49°C | 【1故障許容設計】 •外部環境の最悪条件下において、実験装置内のいかなる機器の1故障(ヒータオン故障が最悪ケースと想定された)によっても、搭乗員が許容できる外表面温度となっていることを解析で確認した。なお、熱解析モデルは熱試験にてコリレーションしたものをを用いた。 | •解析条件の前提としてヒータシステムが適切に機能することをフライト品の機能試験で確認した。 •与圧ヒータの一部削減を熱解析に反映した。 |



4. HTV7号機ハザードレポート一覧 (11/12)

| HR No. | ハザードタイトル | 被害の度合い | ハザード内容 | HTV1号機の対応 (検証については下線を付す) | HTV7号機の対応及び検証結果 |
|----------|------------------|------------------|---|---|--|
| HTV-0014 | 搭乗員の鋭利端部へ接触、挟み込み | I (カタストロフィック) | <p>船内搭乗員:装置の鋭利端部・突起物により、船内活動搭乗員の皮膚の裂傷に至る。</p> <p>船外搭乗員:装置の鋭利端部・突起物により、船外活動中の搭乗員の手袋、衣服に穴が開き、搭乗員の死傷に至る。</p> | <p>【リスク最小化設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> ISS共通の安全標準に基づき、装置は許容できない鋭利端部・突起物或いは隙間がない設計となっていることを検査で確認した。 | <ul style="list-style-type: none"> HTV7で追加フライトハードウェアに鋭利な部位や突起が残っていないことを検査で確認した。 太陽電池パネル等、機能上鋭利な部位を除去できないものについて、キープアウトゾーン(立入禁止領域)が設定されていることを手順書で確認した。 |
| | | | <p>船内搭乗員:装置の隙間に搭乗員が挟み込まれ、指等の障害に至る。</p> <p>船外搭乗員:装置の隙間、または可動機構に搭乗員が挟み込まれ、船内へに帰還できず、死傷に至る。</p> | <p>【リスク最小化設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> 機器の隙間は、ISS共通基準に基づく大きさとなっていることを検査で確認した。また、搭乗員が巻き込まれる恐れがある可動機構に対し、<u>キープアウトゾーンが手順書に規定されていることを確認した。</u> | <ul style="list-style-type: none"> HTV7のフライトハードウェアに挟み込みの懸念がある部位がないことを検査で確認した。 HTV7で追加された与圧隔壁についても挟み込み等の懸念がある部位がないことを検査で確認した。 |
| HTV-0015 | 船内の騒音 | II (クリティカル) | 船内の過度の騒音により、搭乗員の難聴に至る。 | <p>【リスク最小化設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> 船内の騒音レベルは、ISS共通基準に基づく許容レベル以下となるよう設計し、これを試験で確認した。 | <ul style="list-style-type: none"> HTV7号機のファンから出る騒音が許容値内であることを試験で確認した。 |
| HTV-0016 | HTVからの退避不能 | I (カタストロフィック) | 減圧、火災等の発生時に船内搭乗員の退避路、HTVの隔離ができず、搭乗員の死傷に至る。 | <p>【リスク最小化設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> 搭乗員の退避に必要な経路は、ISS共通基準に基づく設計とし、<u>適切な通路幅等が確保できること等を検査で確認した。</u>また隣接モジュールの警告・警報音がHTV内でも認識できることを解析で確認した。 | <ul style="list-style-type: none"> 与圧隔壁の組立の際、退避経路上には廃棄カーゴを搭載しないことを確認した。退避の際の安全化処置方法について確認した。 |



4. HTV7号機ハザードレポート一覧 (12/12)

| HR No. | ハザードタイトル | 被害の度合い | ハザード内容 | HTV1号機の対応 (検証については下線を付す) | HTV7号機の対応及び検証結果 |
|----------|----------|------------------|---|---|---|
| HTV-0017 | 電磁放射 | I (カタストロフィック) | HTVからの意図しない電波放射により船外活動用宇宙服の誤動作に至る。 | <p>【リスク最小化設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> HTVアンテナから放射される電波が、想定される船外活動実施場所で十分要求値内まで低減することを電磁干渉試験(放射・伝導雑音試験及び放射・伝導感受性試験で確認した。 また、HTVアンテナ周囲の危険範囲識別の為に、解析結果に基づくキープアウトゾーンが設定されてることを(フライトルールにて)確認した。 | <ul style="list-style-type: none"> HTV7号機に搭載するアンテナが要求仕様を満足していることを試験で確認し、キープアウトゾーンがHTV7号機に有効であることを確認した。なお、地心側のアンテナについては削除したため、評価不要となった。 ISS搭乗員からのコマンド運用に専用端末を使用しなくなったことに伴い、専用端末のケーブルからの電磁放射の考慮が不要になった。 |
| | | | ISSからの電磁波による電磁干渉により、安全上の機器が誤動作する。またHTVから発せられる電磁波により、ISS或いは他装置の安全上重要な機器が誤動作する。 | <p>【リスク最小化設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> ISS或いは他装置の放射・伝導電磁環境にマージンを加えた環境に対し、HTVの機器が誤動作しないよう設計した。また、HTVが発生する放射・伝導による電磁波が、ISS或いは他装置が許容できる電磁環境レベルより十分に低くなるよう設計した。これらの設計の妥当性についてはEMC試験で確認した。また、最終的に射場でボンディング抵抗を計測し、電磁干渉評価の前提条件が確立していることを確認した。 | <ul style="list-style-type: none"> 専用端末のケーブル不使用および地心側アンテナの削除についてはHTV7号機の仕様として電磁干渉の問題がないことを評価した。 フライトハードウェアが適切にボンディング/グラウンディングされていることを検査で確認した。最終的にHTVの構成要素間の接地等については射場で確認する。(6項2番) |



5. 基本指針に対するHTV7の適合性評価結果

「宇宙ステーション補給機 (HTV) に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する評価結果を示す。詳細は付表-1参照。

| 基本指針項目 | HTV7号機の適合性評価結果 | 関連するHR※ |
|---------------------------|---|--|
| 1. 目的及び位置付け | 基本指針に基づきHTV7号機の安全性を確認した。 | なし |
| 2. 適用範囲 | HTV4号機以降の安全性確認結果は宇宙開発利用部会調査・安全小委員会に報告する。 | なし |
| 3. 基本的な考え方 (1) 安全確保の対象 | HTV6号機からの変更点として小型回収カプセル搭載用の与圧隔壁に対して以下のハザード原因を抽出し、ハザードの制御方法およびその検証結果が妥当であることを確認した。 | HTV-0001 HTV-0002 HTV-0004 HTV-0005 |
| (2) 安全確保の方法 | <ul style="list-style-type: none"> ① 与圧隔壁による火災 ② 与圧隔壁による船内汚染 ③ 与圧隔壁シール部からのリーク ④ 与圧隔壁の構造破壊(軌道上荷重・圧力) ⑤ 与圧隔壁の鋭利端部・突起物 ⑥ 与圧隔壁に起因するHTVからの退避不能 | HTV-0006 HTV-0014 HTV-0016 |

※太字: HTV7号機の変更点を元に修正したHR、()付き: 変更のないHR



5. 基本指針に対するHTV7の適合性評価結果

「宇宙ステーション補給機（HTV）に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する評価結果を示す。
(つづき)

| 基本指針項目 | HTV7号機の適合性評価結果 | 関連するHR※ |
|--|---|----------------------------------|
| 3. 基本的な考え方 (3) 有人活動の特殊性への配慮 | HTVは有人活動の特殊性に配慮した設計を行っている。 | なし |
| 4. 宇宙環境対策 (1) 自然環境からの保護 ア 隕石・スペースデブリ | 前号機と同一設計のバンパを取り付けることを射場で検査する計画としている。 | (HTV-0009) |
| イ 宇宙放射線 | 前号機と同等の耐放射線性が維持されている。 | なし |
| ウ 高真空、微小重力等 | 小型回収カプセルの搭載に伴い、ISS離脱時に与圧隔壁をハッチの代わりとして使用するのがISS本体側のハッチを閉めた後に機能するものであり、搭乗員の安全への影響はない。搭乗員の接触温度については、与圧部ヒータ削減に伴う変更を考慮した熱解析を実施し、問題ないことを確認した。 | HTV-0004 HTV-0006 HTV-0013 |

※太字: HTV7号機の変更点を元に修正したHR、()付き: 変更のないHR



5. 基本指針に対するHTV7の適合性評価結果

「宇宙ステーション補給機（HTV）に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する評価結果を示す。
（つづき）

| 基本指針項目 | HTV7号機の適合性評価結果 | 関連するHR※ |
|--|---|----------|
| 4. 宇宙環境対策 (2)誘導環境からの保護 ア 打上げ時の誘導環境 | 小型回収カプセルの与圧隔壁は構造解析（解析検証の不確定係数を加算）にて、十分な強度を有していることを確認した。 | HTV-0005 |
| イ 軌道上の誘導環境 (ア) 雰囲気空気 | HTV7号機、小型回収カプセル及び与圧隔壁で新たに追加される材料に対してオフガス濃度が許容範囲内であることを射場で試験する計画としている。 | HTV-0002 |
| (イ) 汚染 | | |

※太字：HTV7号機の変更点を元に修正したHR、（）付き：変更のないHR



5. 基本指針に対するHTV7の適合性評価結果

「宇宙ステーション補給機 (HTV) に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する評価結果を示す。
(つづき)

| 基本指針項目 | HTV7号機の適合性評価結果 | 関連するHR※ |
|--|--|------------------------|
| 4. 宇宙環境対策 (2)誘導環境からの保護 イ 軌道上の誘導環境 ウ 振動、音響、電磁波 | 振動および音響に関して前号機同様問題ないことを確認した。 適切な電氣的接地の確保・帯電防止がなされていることを検査で確認した。なお、HTV構成要素間の接地等については射場で確認する計画としている。 なお、HTV7号機ではISS搭乗員から接近中断等のコマンドを送信する専用端末を使用する必要がなくなったため、専用端末のケーブルからの電磁放射がなくなった。 | (HTV-0015) HTV-0017 |
| 4. 宇宙環境対策 (3)軌道上環境等の保全 | HTV7号機からISS搭乗員が緊急時にロボットアーム把持部を分離するコマンドを送信するための専用端末が変更になったが、従来と同様に機能することをNASAからの情報に基づき確認した。 | (HTV-0003) HTV-0010 |

※太字:HTV7号機の変更点を元に修正したHR、()付き:変更のないHR



5. 基本指針に対するHTV7の適合性評価結果

「宇宙ステーション補給機（HTV）に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する評価結果を示す。
(つづき)

| 基本指針項目 | HTV7号機の適合性評価結果 | 関連するHR※ |
|--|---|--|
| 5. 構造及び材料 (1)構造 ア 設計 イ 強度及び剛性 | 小型回収カプセル及び与圧隔壁についても有害な変形・破壊を起こさないことを構造解析で確認した。また、破壊防止管理計画書に基づき、適切に製造されたことを確認した。 | HTV-0005 HTV-0006 (HTV-0007) |
| (2)材料 | 更新された使用材料リストを再確認し、追加された材料(与圧隔壁等)が難燃性であることを確認した。また、オフガス濃度が許容範囲内であることを射場で試験する計画としている。 | HTV-0001 HTV-0002 (HTV-0007) (HTV-0009) |

※太字:HTV7号機の変更点を元に修正したHR、()付き:変更のないHR



5. 基本指針に対するHTV7の適合性評価結果



「宇宙ステーション補給機(HTV)に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する評価結果を示す。
(つづき)

| 基本指針項目 | HTV7号機の適合性評価結果 | 関連するHR※ |
|----------|---|--------------------------------------|
| 6. 推進 | HTV7号機の誘導制御計算機試験及び緊急離脱装置間のインタフェース試験において、各システムの機能や系統切り替えおよび自動で緊急離脱系へ切り替わることを確認した。 なお、HTV7号機では、推薬漏洩の検知の精度を高めるために試験条件を高圧にし、推進系から推薬が漏洩しないことを確認した。 | (HTV-0003) (HTV-0007) HTV-0008 |
| 7. 誘導・制御 | ソフトウェアの更新等に対して実施したシミュレーションや機能試験等で確認した。 また、HTV7号機からISS搭乗員から接近中断等のコマンドを送信するための機器がHTV専用の端末から共用のISS搭載可搬型PCに変更になったことに対しても、追加の誘導制御系解析を実施し、問題ないことを確認した。 | HTV-0008 |

※太字:HTV7号機の変更点を元に修正したHR、()付き:変更のないHR



5. 基本指針に対するHTV7の適合性評価結果



「宇宙ステーション補給機(HTV)に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する評価結果を示す。
(つづき)

| 基本指針項目 | HTV7号機の適合性評価結果 | 関連するHR※ |
|----------------------|--|------------------------|
| 8. 電力 | HTV7ではP-BATの台数が削減されたが、与圧部ヒータが削減されており、電力消費量も減少している。電力リソース解析を更新し、安全への影響はないことを確認した。 | (HTV-0007) HTV-0008 |
| 9. 安全・開発保証 (1)安全性 | 前号機と同等に維持されている。 | HR全般 |
| (2)信頼性 ア システムの独立性 | 前号機と同等に維持されている。 | HR全般 |

※太字:HTV7号機の変更点を元に修正したHR、()付き:変更のないHR



5. 基本指針に対するHTV7の適合性評価結果

「宇宙ステーション補給機（HTV）に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する評価結果を示す。
（つづき）

| 基本指針項目 | HTV7号機の適合性評価結果 | 関連するHR |
|--------------------------------|--|--------|
| 9. 安全・開発保証 (2)信頼性 イ 故障検知 | HTV7号機用のソフトウェアについて、更新に対する影響範囲を明確にした上で再試験等を行い、所定の故障検知機能及び安全化処置機能が適切に維持されていることを確認した。 | HR全般 |
| ウ 自立性の確保 | | HR全般 |
| エ 自動機能に対するオーバーライド | HTV7号機で搭乗員が接近中断コマンド等を送信するISS搭載可搬型PCについてもオーバーライド機能が適切に維持されていることを確認した。 | HR全般 |
| (3)保全性 | 前号機と同等に維持されている。 | HR全般 |
| (4)品質保証 | | |



5. 基本指針に対するHTV7の適合性評価結果

「宇宙ステーション補給機（HTV）に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する評価結果を示す。
（つづき）

| 基本指針項目 | HTV7号機の適合性評価結果 | 関連するHR |
|---------------------------|---|--|
| 10. 人間・機械系設計 (1)搭乗員の保護 | HTV7号機の機器や構造及び小型回収カプセルを搭載するための与圧隔壁に要求を逸脱するような高温・低温部、鋭利部、突起及び要求を逸脱するような隙間、穴がないことを検査および解析で確認した。 また、与圧隔壁の組立の際、退避経路上には廃棄カーゴを搭載しないことを確認した。退避の際の安全化処置方法について確認した。 | (HTV-0011) (HTV-0012) HTV-0013 HTV-0014 HTV-0016 |
| (2)誤操作等の防止 | ハザーダスコマンドについては前号機同様に所定の手順で管理しており、HTV7号機で使用するISS搭載可搬型PCを手順に反映した。 | HR全般 |

※太字：HTV7号機の変更点を元に修正したHR、（）付き：変更のないHR



5. 基本指針に対するHTV7の適合性評価結果



「宇宙ステーション補給機 (HTV) に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する評価結果を示す。
(つづき)

| 基本指針項目 | HTV7号機の適合性評価結果 | 関連するHR |
|------------|--|--------------------------|
| (3)共通化 | 前号機と同様問題ないことを確認した。 | (HTV-0001) (HTV-0016) |
| (4)異常等への対処 | HTV7号機からISS搭乗員から接近中断等のコマンドを送信するための機器がHTV専用の端末から共用のISS搭載可搬型PCに変更になったが、必要な訓練を実施している。 | HTV-0008 |

※太字:HTV7号機の変更点を元に修正したHR、()付き:変更のないHR



5. 基本指針に対するHTV7の適合性評価結果

「宇宙ステーション補給機（HTV）に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する評価結果を示す。
（つづき）

| 基本指針項目 | HTV7号機の適合性評価結果 | 関連するHR |
|---------------------|---|--|
| 11. 緊急対処 (1)緊急警報 | 前号機同様問題ないことを確認した。ISS離脱時にハッチの代わりに使用する小型回収カプセル与圧隔壁はISS側のハッチを閉じた後で使用するため、搭乗員への影響はない。 | (HTV-0001) (HTV-0002) (HTV-0004) |
| (2)アクセス | | (HTV-0001) HTV-0016 |
| (3)減圧及び再加圧 | | HR全般 |
| 12. 安全確保体制 | 前号機までと同様な体制を踏襲しており、問題ないことを確認した。 運用への準備等については6項で示す。 | HR全般 |

※太字：HTV7号機の変更点を元に修正したHR、（）付き：変更のないHR



6. 運用への準備等 (1/2)

(1) 運用制御合意文書による管理

以下のプロセスはこれまでのミッションで確立しており、HTV7号機も同様である。

- ・ ハザード制御手段として、地上要員あるいは搭乗員の操作(運用制御)を用いる場合には、その運用制御を運用制御合意文書に記載して管理する。
 - NASAが運用を担当する場合にはNASAが運用制御合意文書に基づいて、運用手順や運用上の取り決めに反映する。
 - HTVに対するコマンドや状態監視を制御手段としている場合には、JAXAのHTV運用担当が運用制御合意文書に基づいて、運用手順や運用上の取り決めに反映する。
- ・ 運用手順や運用上の取り決めについては、運用実施部門とは独立したJAXA運用安全担当及びNASA内の運用安全担当が、運用開始前までにその妥当性を評価する。

(2) 安全検証追跡ログによる管理

- ・ 種子島宇宙センターにおいてハザード制御の検証結果を確認すべき項目を安全検証追跡ログ(SVTL: Safety Verification Tracking Log)に記載して管理する。HTV7号機の安全検証追跡ログを次ページに示す。



6. 運用への準備等 (2/2)

射場で確認するHTV7号機の安全検証追跡ログ

| | 検証項目 | 内容（関連するハザードレポート番号） |
|---|-------------------|--|
| 1 | 推進系の点検 | 打上げ前に射場において、ハザード制御に関する以下の項目の有効性を再確認する。(HTV-0003) ・継手部にリークがないこと。 ・推進系ラッチバルブが正常に動作すること。 |
| 2 | ボンディング・グラウンディング計測 | 機体の最終打上げコンフィギュレーションにおいて、非与圧キャリア・曝露パレット間、曝露パレット・ペイロード間のボンディング・グラウンディングが適切であることを確認する。(HTV-0012、HTV-0017) |
| 3 | 最終コンフィギュレーションの確認 | 機構系のクリアランス、ラックや搭乗員支援具の搭載状況の確認等、各モジュールの最終的な組立状態のチェックを行う。 ・オフガス試験(HTV-0002) ・バンパ取付(HTV-0009) |
| 4 | 打上前機能確認 | システムレベルの最終的な機能確認を行う。 ・圧カリリーフ機能の最終確認 (HTV-0006) ・ヒーター機能最終確認(HTV-0007, HTV-0008) ・バッテリー充電(HTV-0008) ・分離機構スイッチステータス確認(HTV-0010) |
| 5 | その他 | 航法系試験、フライトソフトウェアインストール等。(HTV-0008) |



7. 結 論

JAXAは、HTV7号機のISSへの接近・係留・離脱に関し、所定のプロセスに則してJAXA内安全審査及びNASA安全審査を終了し、その結果、所定の安全対策が基本指針に適合していることを確認した。



別紙1-1 HTV6号機の安全設計・検証結果

HTVに関するハザード及び対象フェーズ識別一覧(1/2)



| ハザード [基本指針項番] | | HTV | | |
|---------------|---------------------------------------|--------------|------------|------------|
| | | 近傍運用 フェーズ | 係留 フェーズ | 離脱 フェーズ |
| 火災 | 火災 [5. (2)、10. (3)、11. (1)、11(2)] | | ○ | |
| 減圧 | 減圧 [4. (1)ウ、11. (1)イ] | | ○ | |
| 汚染 | 推進薬の船外搭乗員への付着による船内の汚染 [4. (3)、6. (1)] | | ● | |
| | 船内空気汚染 [4. (2)イ、5. (2)ア] | | ○ | |
| | ガラス破片飛散による搭乗員の傷害 [10. (1)] | | ○ | |
| 衝突 | HTVのISSへの衝突 [6、7、8、10. (4)] | ● | | ● |
| | 浮遊物のISSへの衝突 [4. (3)] | | ○ | |
| | 隕石／デブリの衝突(注1) [4. (1)ア、5. (2)イ] | | ○ | |
| | 回転体の搭乗員への衝突 [10. (1)] | | ○ | |
| 爆発 | 推進薬システムの爆発 [5. (1)、5. (2)ウ、6. (1)] | ● | ● | ● |
| | 電池セルの破裂 [8] | ● | ● | ● |

注1: HTVは、打上げあるいは離脱時、隕石／デブリに衝突しない飛行経路を予め決定し飛行させるとともに、単独飛行中ISSに到着するまでは、必要により衝突回避のための軌道変更を行う。

○: 「きぼう」と同様のハザード制御を設定しているもの

●: HTV特有のハザード制御を設定しているもの



別紙1-1 HTV6号機の安全設計・検証結果

HTVに関するハザード及び対象フェーズ識別一覧(2/2)



| ハザード [基本指針項番] | | HTV | | |
|---------------|---|--------------|------------|------------|
| | | 近傍運用 フェーズ | 係留 フェーズ | 離脱 フェーズ |
| 構造破壊 | 軌道上荷重による構造破壊 [4. (2)ア、5. (1)] | | ○ | |
| | 過加圧による構造破壊 [5. (1)] | ○ | ○ | ○ |
| 電気・電磁 | 感電 [10. (1)ウ] | | ○ | |
| | 電波放射による搭乗員の傷害、機器故障 [4. (2)ウ] | | ○ | |
| | 電磁干渉 [4. (2)ウ] | ○ | ○ | ○ |
| 人間工学 | 船内活動搭乗員の緊急時退避不能 [10. (1)エ、10. (3)、11. (2)ウ] | | ○ | |
| | 高温表面への接触 [4. (1)ウ、10. (1)イ] | | ○ | |
| | 鋭利端部への接触 [10. (1)ア] | | ○ | |
| | 挟み込み [10. (1)ア] | | ○ | |
| | 騒音 [4. (2)ウ] | | ○ | |
| ソフトウェア | ソフトウェアの故障 [9. (2)、10. (2)ア、10. (2)ウ] | ○ | ○ | ○ |

○:「きぼう」と同様のハザード制御を設定しているもの

●:HTV特有のハザード制御を設定しているもの



別紙1-2 HTV7号機の安全設計・検証結果

HTVに関するハザード及び対象フェーズ識別一覧(1/2)



| ハザード (HR) [基本指針項番] | | HTV | | |
|--------------------|---|--------------|------------|------------|
| | | 近傍運用 フェーズ | 係留 フェーズ | 離脱 フェーズ |
| 火災 | 船内での火災 (HTV-0001) [5. (2)、10. (3)、11. (1)、11(2)] | | ○ | |
| 減圧 | シール/バルブ類からの空気漏洩 (HTV-0004) [4. (1)ウ、11. (1)イ] | | ○ | |
| 汚染 | 推薬漏洩による汚染 (HTV-0003) [4. (3)、6. (1)] | | ● | |
| | 船内空気汚染 (HTV-0002) [4. (2)イ、5. (2)ア] | | ○ | |
| 衝突 | HTVのISSへの衝突 (HTV-0008) [6、7、8、10. (4)] | ● | | ● |
| | 浮遊物のISSへの衝突 (HTV-0010) [4. (3)] | | ○ | |
| | 隕石／デブリの衝突(注1) (HTV-0009) [4. (1)ア、5. (2)イ] | | ○ | |
| 爆発 | 推進系または電池の爆発 (HTV-0007) [5. (1)、5. (2)ウ、6. (1)、8] | ● | ● | ● |

注1: HTVは、打上げあるいは離脱時、隕石／デブリに衝突しない飛行経路を予め決定し飛行させるとともに、単独飛行中ISSに到着するまでは、必要により衝突回避のための軌道変更を行う。

○: 「きぼう」と同様のハザード制御を設定しているもの

●: HTV特有のハザード制御を設定しているもの



別紙1-2 HTV7号機の安全設計・検証結果

HTVに関するハザード及び対象フェーズ識別一覧(2/2)



| ハザード [基本指針項番] | | HTV | | |
|---------------|---|--------------|------------|------------|
| | | 近傍運用 フェーズ | 係留 フェーズ | 離脱 フェーズ |
| 構造破壊 | 軌道上荷重に対する構造破壊(HTV-0005) [4. (2)ア、5. (1)] | | ○ | |
| | 過加圧による構造破壊(HTV-0006) [5. (1)] | ○ | ○ | ○ |
| 電気・電磁 | 搭乗員の感電(HTV-0012) [10. (1)ウ] | | ○ | |
| | 電磁放射(HTV-0017) [4. (2)ウ] | ○ | ○ | ○ |
| 人間工学 | HTVからの退避不能(HTV-0016) [10. (1)エ、10. (3)、11. (2)ウ] | | ○ | |
| | 搭乗員の接触温度異常(HTV-0013) [4. (1)ウ、10. (1)イ] | | ○ | |
| | 搭乗員の鋭利端部への接触、挟み込み(HTV-0014) [10. (1)ア] | | ○ | |
| | 船内の騒音(HTV-0015) [4. (2)ウ] | | ○ | |
| | 破片の飛散(注2)(HTV-0011) [10. (1)] | | ○ | |
| ソフトウェア | ソフトウェアの故障(HR全般) [9. (2)、10. (2)ア、10. (2)ウ] | ○ | ○ | ○ |

注2:HTV6号機のガラス破片飛散による搭乗員の傷害と回転体の搭乗員への衝突は、破片の飛散に統合した。

- :「きぼう」と同様のハザード制御を設定しているもの
- :HTV特有のハザード制御を設定しているもの



Backup Chart



HTV接近・係留・離脱フェーズの 安全対策に係る調査審議の経緯



【宇宙開発委員会(平成24年7月11日まで)】

- 宇宙ステーション補給機(HTV)の安全対策について総合的かつ系統的に調査審議するために、宇宙開発委員会安全部会において平成17年10月に「宇宙ステーション補給機(HTV)に係る安全評価のための基本指針」が策定された。
- 平成19年4月から安全部会にて実施されたHTVの接近・係留・離脱フェーズの安全対策に係る調査審議の結果、HTVの詳細設計終了段階における安全対策は、基本指針に規定する要件を満たし、所要の対策が講じられており妥当、との評価を受けた。
- 平成21年5月から安全部会にて実施されたHTV1号機の接近・係留・離脱フェーズの安全対策に係る調査審議の結果、HTV1号機の安全対策はその検証結果も含め、基本指針に照らして妥当であるとの評価を受けた。
- HTV2号機及びHTV3号機については、再突入に係る調査審議の中で、接近・係留・離脱フェーズの基本指針への適合性が維持されていることについても確認を受けた。



安全解析の方法 (1/2)

- ・ 安全解析は、直接あるいは間接的に搭乗員に被害を与えるハザードを考慮し、対策をとることで、搭乗員の死傷を未然に防止する手法である。
- ・ 安全解析では、ハザードを網羅的に識別し、それらの原因を抽出して、それぞれに制御方法を設定し、制御方法の妥当性を検証する。

- ハザードとは、事故をもたらす要因が顕在又は潜在する状態をいう。
- ハザードの被害の度合いは、以下のようなカテゴリーに分類している。

【被害の度合い】

I カタストロフィック

能力の喪失に至る傷害又は致命的な人員の喪失となり得る状態

II クリティカル

重度な人員の傷害・疾病をもたらす状態

III マージナル

軽度な人員の傷害・疾病をもたらす状態



安全解析の方法 (2/2)

JAXAはハザードを網羅的に識別し、その制御方法を設定し、判断の妥当性を検証する一連の作業を行っている。

| 安全審査 | 安全審査の タイミング | 安全審査の目的 |
|---------|----------------|--|
| フェーズ0 | 概念設計終了時 | <ol style="list-style-type: none">1. ハザード識別法、識別結果の確認2. 適用すべき安全要求の識別結果の確認 |
| フェーズI | 基本設計終了時 | <ol style="list-style-type: none">1. 基本設計における全ハザード及びハザード原因の識別結果の確認2. ハザード制御方法の妥当性の評価3. 検証方法の確立が妥当かの評価 |
| フェーズII | 詳細設計終了時 | <ol style="list-style-type: none">1. 詳細設計における全ハザード及びハザード原因の識別結果の確認2. ハザード制御方法が設計上実現されていることの確認3. 検証方法の詳細が設定されていることの確認 |
| フェーズIII | 認定試験終了時 | <ol style="list-style-type: none">1. 製品が全ての安全要求に合致していることの確認2. 検証が終了したことの確認3. A/Iがすべてクローズしていることの確認 |