



宇宙ステーション補給機 「このとり」8号機 (HTV8) の 係留フェーズに係る 安全検証結果について

令和元年8月2日

国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構

HTV: H-II Transfer Vehicle

付録2



目次

1. 概要
2. HTVに対する安全性確認結果の概要
3. HTV7号機ミッションからの反映／変更事項への対応
4. HTV8号機ハザードレポート一覧
5. 基本指針に対するHTV8の適合性確認結果
6. 運用への準備等
7. 結論

3.項～5.項の表に記載された、
「3.項の変更事項の番号」
「4.項のハザードレポート(HR)番号」
「5.項の基本指針項目」
が連携しています。

3.項で変更事項毎に安全評価の影響と影響するHRおよび影響する基本指針項目を識別し、JAXA安全審査会は4.項で示すHRに対して審査しました。
上記の結果をもとに5.項に基本指針に係るHTV8号機の適合性評価結果を示しております。



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、HTV8号機のISSへの係留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31年3月8日、令和元年6月28日
【結論】JAXAとしてHTV8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31年4月15-17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、HTV8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:令和元年7月9日
【結論】JAXA経営レベルとしてHTV8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)等物資補給機の運用に係る安全対策の評価のための基本指針」※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～HTV7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HTV7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。
- (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、HTV6及びHTV7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。

【HTV8号機】

- (1) HTV7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) HTV8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、HTV7号機までと同様であることを確認した。
- (4) 基本指針項目に対し、HTV8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、HTV8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. HTV7号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応

HTV7号機からHTV8号機の機体コンフィグレーション主要変更点

【フライトセグメント全般】

(変更点:1) 質量特性の変更

【与圧キャリア】

(変更点:2) 与圧部ヒータ削減、120Vヒータ制御部削減

(変更点:3) ラック/キャビン間の遮蔽幕削除

【HTV補給ラック】

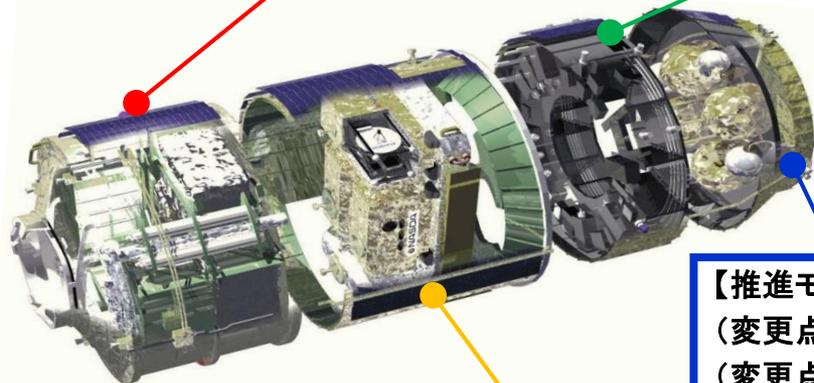
(変更点:4) HTV補給ラックのハンドレール取付位置変更

(変更点:5) HTV補給ラックTYPE6の新規開発

【電気モジュール】

(変更点:6) 姿勢センサの変更

(変更点:7) GPS/慣性航法システム設計変更



【非与圧キャリア】

(変更点:8) 分離機構の国産化

(変更点:9) 艙装品の変更

【曝露パレット】

(変更点:10) カメラの変更

(変更点:11) HTV7用曝露パレットをHTV8で廃棄

【推進モジュール】

(変更点:12) 圧力センサの設計変更

(変更点:13) 推進薬遮断弁のスイッチ
接点材料変更



3. HTV7号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応

HTV7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	影響する基本指針項目 (影響するHR番号)
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更であり、安全上の問題はない。定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

HR:ハザードレポート



3. HTV7号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV7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	影響する基本指針項目 (影響するHR番号)
与圧キャリア			
2	与圧部ヒータ削減、 120Vヒータ制御部削減	本変更に伴って回路図や熱解析等が適切に更新されたことを確認した。不要となるヒータの削減および120Vヒータ制御部の削減であり、安全上の問題はない。	4項宇宙環境対策 5項構造および材料 10項人間・機械系設計 (HTV-0001 HTV-0002 HTV-0013)
3	ラック/キャビン間の遮蔽幕削除	<p>スタンドオフおよびラックの空間をキャビン空間から仕切るための遮蔽幕を削除した。これに伴い、狭い空間に搭乗員が往来できることになるため、高濃度二酸化炭素による搭乗員の低酸素兆候を新たなハザードとして識別した。携帯扇風機を使用して空気循環させることなどをハザード制御に追加した。</p> <p>また、HTVからの退避不能ハザードについては当該エリアに退避を妨げるような配管・配線等がないことを確認した。</p> <p>なお、鋭利端部への接触、挟み込みハザードについては考慮済みであり、鋭利端部のない設計となっており、安全上の問題はない。</p>	4項宇宙環境対策 10項人間・機械系設計 11項緊急対策 (HTV-0002 HTV-0014 HTV-0016)



3. HTV7号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV7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	影響する基本指針項目 (影響するHR番号)
HTV補給ラック			
4	HTV補給ラックのハンドレール取付位置変更	HTV7軌道上運用結果の反映として、HTV補給ラック上のハンドレール取付位置を変更した。 搭乗員がハンドレールの位置を決める際の自由度を高める変更であり、安全上の問題はない。	11項緊急対策 (HTV-0016)
5	HTV補給ラックTYPE6の新規開発	与圧カーゴの搭載量を拡大するためにHTV補給ラック TYPE6を新規に開発した。 HTV補給ラック TYPE6搭載に関連する火災、船内の汚染、構造破壊、鋭利端部への接触、挟み込み、退避不能ハザードについて安全評価を行い、材料選定、空気循環量、耐荷重、端部の形状、退避経路との干渉等が安全上問題ないことを確認した。	5項構造及び材料 10項人間・機械系設計 11項緊急対策 (HTV-0001 HTV-0002 HTV-0005 HTV-0014 HTV-0016)



3. HTV7号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV7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	影響する基本指針項目 (影響するHR番号)
電気モジュール			
6	姿勢センサの変更	<p>姿勢センサとして使用していた地球センサの製造が終了したため、代替として恒星センサを搭載した。恒星センサの搭載に伴い、誘導制御に使用する機器のソフトウェアを変更した。恒星センサは航法誘導制御に関連する機器であり、ISSとの衝突ハザードの制御に使用しているため、ハザード制御への影響を確認した。</p> <p>また、電磁適合性および接触温度についても安全評価を実施した。</p> <p>さらに恒星センサの搭載に伴い、電気モジュールの主構造および二次構造を一部変更した。構造破壊のハザードに対し、構造解析書等の検証結果を確認した。</p> <p>なお、恒星センサのバッフル部にはシャープエッジが存在し、搭乗員のキック荷重に対する耐性もないことから接触禁止領域(No Touch Area)等を設定した。</p> <p>以上の評価により、姿勢センサの変更に対して安全要求に適合していることを確認した。 (9～11頁参照)</p>	4項宇宙環境対策 5項構造及び材料 9項安全・開発保証 10項人間・機械系設計 (HTV-0005 HTV-0008 HTV-0013 HTV-0014 HTV-0017)

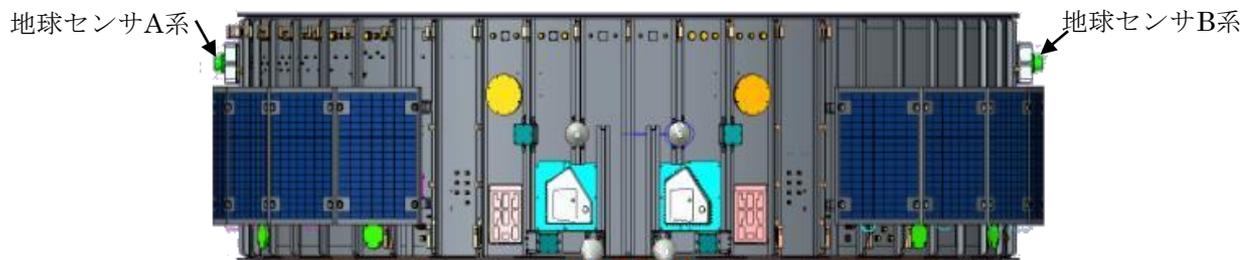


3. HTV7号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応

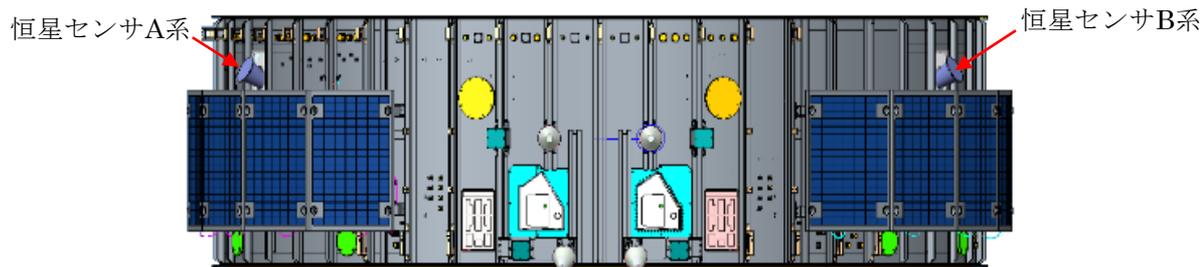
HTV7号機からの主要な変更事項(変更点:番号6)

姿勢センサの変更

- 姿勢センサとして使用していた地球センサの製造が終了し、代替の地球センサで精度要求を満たすものがないため、開発中のHTV-Xにも搭載予定の恒星センサに変更することとした。
 - 恒星センサは慣性空間における3軸の姿勢情報を示す航法センサである。
 - 恒星センサの搭載に伴い、誘導制御に使用する機器(GCC/ACU)のソフトウェアを変更した。
 - 恒星センサの搭載に伴い、電気モジュールの主構造および二次構造を一部変更した。



地球センサ搭載位置(HTV7)



恒星センサ搭載位置(HTV8)



3. HTV7号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV7号機からの主要な変更事項(変更点:番号6)
姿勢センサの変更

- 恒星センサは航法誘導制御に関連する機器であり、ISSとの衝突ハザード(HTV-0008)の制御に使用しているため、ハザード制御への影響を確認した。
 - センサ性能についてはISSロボットアーム把持前のHTV姿勢を保持可能であることを確認した。
 - 恒星センサの健全性を確認するため、自己診断により故障を検知する機能を有する。恒星センサが故障検知した場合に誘導制御機器に通知することを確認した。
 - 冗長構成のため、誘導制御機器が主系の恒星センサの誤出力を検知した場合、従系の恒星センサの出力を使用することを確認した。

- 接触温度(HTV-0013)および電磁適合性(HTV-0017)についても安全評価を実施した。
 - 恒星センサの温度が船外活動中の搭乗員の許容温度範囲(-42℃～62℃)であることを確認した。
 - ISSの電磁環境において恒星センサが健全に動作することを試験で確認した。



3. HTV7号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV7号機からの主要な変更事項(変更点:番号6)
姿勢センサの変更

- 恒星センサの搭載に伴い、電気モジュールの主構造および二次構造を一部変更した。
 - 構造破壊のハザードに対し、構造解析書等の検証結果を確認した。
 - なお、恒星センサのバツフル部にはシャープエッジが存在し、搭乗員のキック荷重に対する耐性もないことから接触禁止領域(No Touch Area)等を設定した。



恒星センサ



3. HTV7号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV7号機からの変更事項

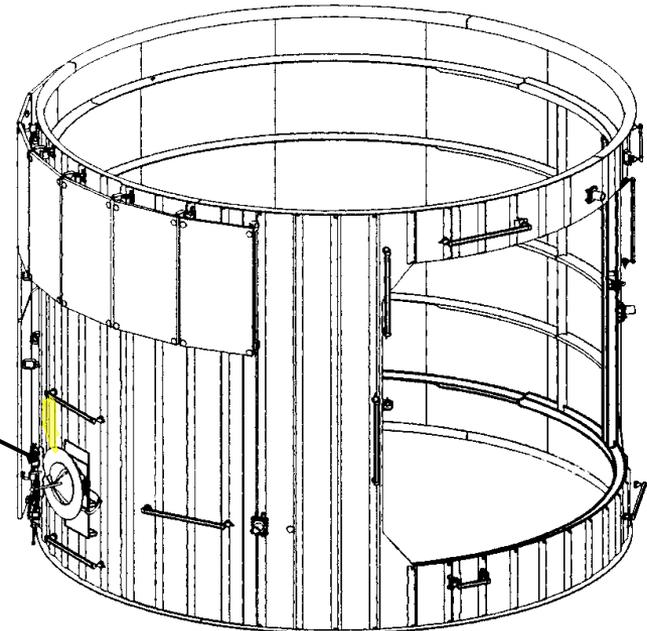
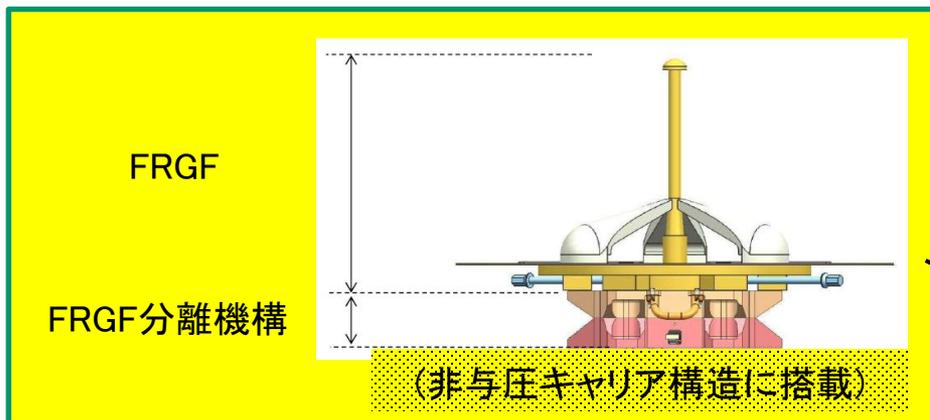
番号	変更点	打上げ/軌道上安全評価への主な影響	影響する基本指針項目 (影響するHR番号)
電気モジュール(続き)			
7	GPS/慣性航法システム設計変更	HTV7まで使用していたGPS/慣性航法システムの設計を変更したため、ソフトウェアが更新された。更新されたソフトウェアの影響を評価した結果、従来のハザード制御および検証方法に影響を与える変更はなかった。試験結果を確認した結果、安全上の問題はない。	9項安全・開発保証
非与圧キャリア			
8	分離機構の国産化	ISSロボットアームの把持部に使用している分離機構を国産化した。機能・性能および機体とのインターフェースはHTV7と同様であり、ハザードについても従来と等価な制御を実施していることを確認した。 (13頁参照)	4項宇宙環境対策 5項構造及び材料 10項人間・機械系設計 (HTV-0005 HTV-0010 HTV-0014 HTV-0017)



3. HTV7号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応

HTV7号機からの主要な変更事項(変更点:番号8)
分離機構の国産化

- ISSロボットアームの把持部に使用している分離機構はISSロボットアーム(SSRMS)がHTVの把持に失敗し、不完全な把持を続けている場合にHTVを分離するための機構である。
- 国産化した分離機構の機能・性能および機体とのインターフェースはHTV7と同様であり、ハザードについても従来と等価な制御を実施していることを確認した。
 - 分離機構の構造破壊ハザード(HTV-0005)および誤放出ハザード(HTV-0010)について、駆動部が外部荷重により意図せず動作しないこと、また構造的に破断しないことを確認した。





3. HTV7号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV7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	影響する基本指針項目 (影響するHR番号)
非与圧キャリア(続き)			
9	艀装品の変更	<p>下記艀装品の変更を実施した。安全上の問題はない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 不要な温度センサの削除 ・ 航法灯の色変更 (白→黄) ・ ミッション機器用の不要な配線の削除(ミッション機器を搭載しないため) 	なし
曝露パレット			
10	カメラの変更	<p>曝露パレットの非与圧キャリア挿入用に使用するカメラを国産新規開発品に変更した。</p> <p>構造破壊および搭乗員との接触温度に対して新たに安全評価を実施し、問題ないことを確認した。カメラのレンズがEVA時のツール衝撃荷重に耐えられないことから接触禁止領域(No Touch Area)に設定した。</p>	<p>4項宇宙環境対策</p> <p>5項構造及び材料</p> <p>10項人間・機械系設計 (HTV-0005 HTV-0013)</p>
11	HTV7用曝露パレットをHTV8で廃棄する。	<p>HTV7用曝露パレットはISSから直接投棄する予定であったが、HTV8にこのHTV7用曝露パレットを搭載して廃棄する方針とした。</p> <p>HTV7用曝露パレットの挿入に関するハザードについて安全評価を実施し、適切に検証が実施されていることを確認した。 (15~16頁参照)</p>	<p>4項宇宙環境対策 (HTV-0010)</p>



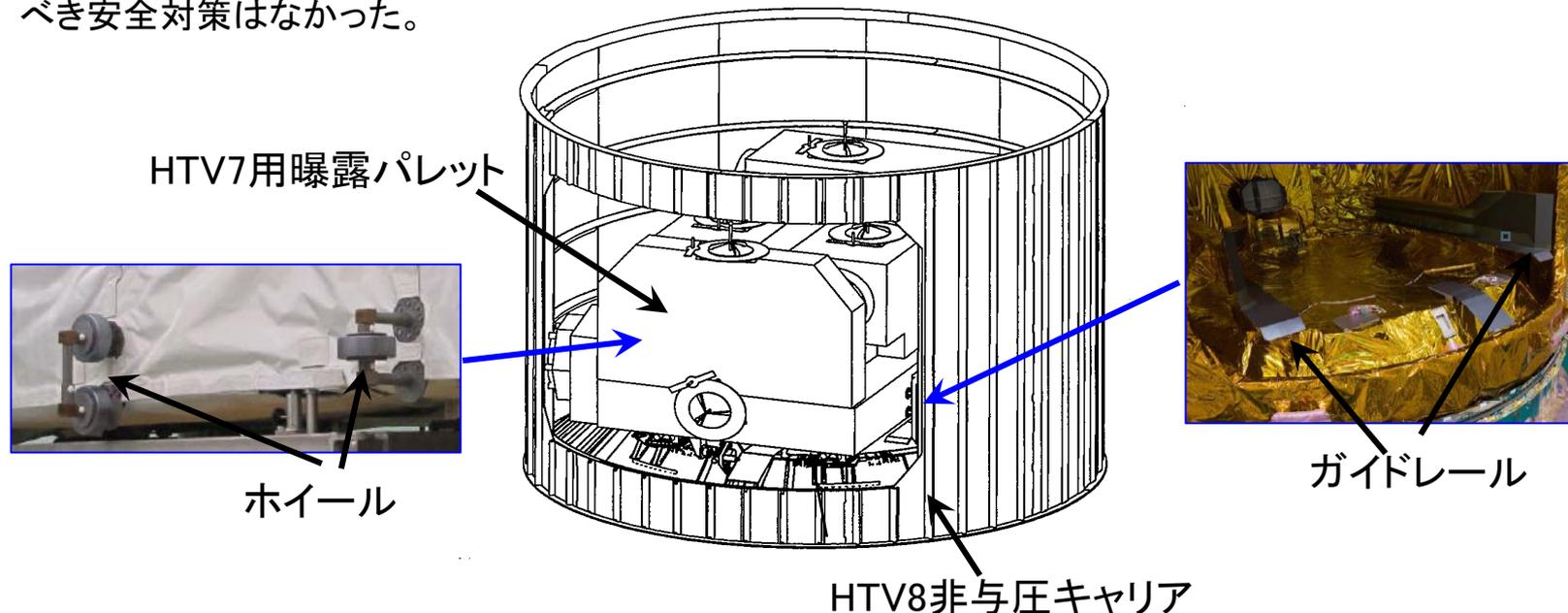
3. HTV7号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV7号機からの主要な変更事項(変更点:番号11)

HTV7用曝露パレットをHTV8で廃棄

- HTV7用曝露パレットはISSロボットアームで直接廃棄する予定であったが、HTV8にこのHTV7用曝露パレットを搭載して廃棄する方針とした。
- HTV7用曝露パレットの挿入に関するハザード(HTV-0010)について安全評価を実施し、適切に検証が実施されていることを確認した。
 - HTV7用曝露パレットとHTV8の非与圧キャリアは直接組み合わせたことがない。そのため、それぞれの製造誤差を加味して評価した。その結果、挿入時の噛み込みがないこと(ガイドレール/ホイール間の隙間が適切であること)およびHTV7用曝露パレットを非与圧キャリアに固定できることを確認した。
- ISSに残されるHTV8用曝露パレットについては、保管期間が延長される点について評価を実施した。追加すべき安全対策はなかった。





3. HTV7号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応

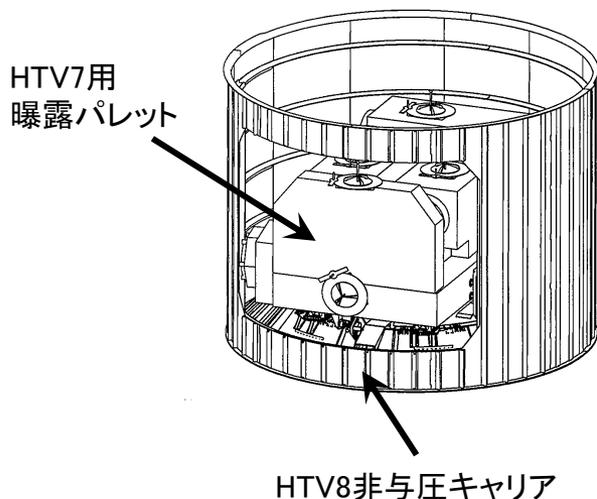
HTV7号機からの主要な変更事項(変更点:番号11)
HTV7用曝露パレットをHTV8で廃棄

<参考>

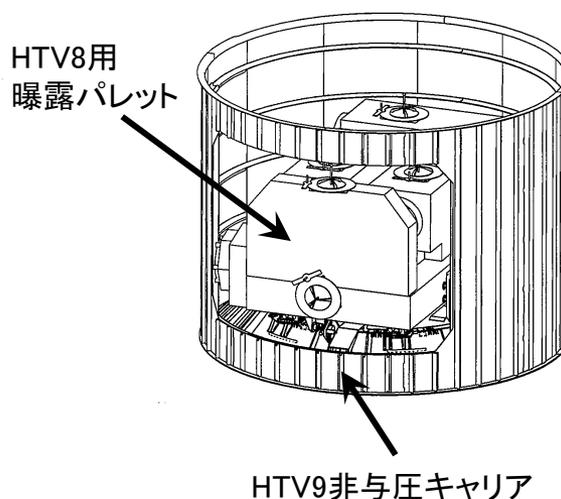
- 廃棄計画を変更することで、HTV8用曝露パレットに搭載しているISSバッテリーの交換EVAの実施時期をHTV8号機離脱前に実施するという制約がなくなる。
- HTV8用曝露パレットについてはHTV9で廃棄し、HTV9用曝露パレットについてはISSのロボットアームで直接廃棄する予定。本件についてはHTV9号機にて安全評価する予定。

廃棄コンフィギュレーション

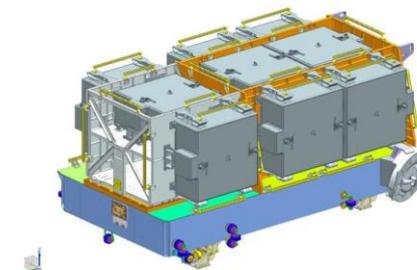
HTV8



HTV9



HTV9用
曝露パレット



(ISSのロボットアームで直接廃棄)



3. HTV7号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



HTV7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	影響する基本指針項目 (影響するHR番号)
推進モジュール			
12	圧力センサの設計変更	<p>推進系の圧力センサについて、従来品が製造終了したため、設計を変更した。</p> <p>機能は従来品とほぼ同等であるが、放射感受性の要求を満たさないため、技術評価を実施した。評価の結果、圧力センサが感受性のある周波数領域/放射強度を使用する機器はISS/HTV/地上設備にはなく、安全上の問題はない。</p>	4項宇宙環境対策 (HTV-0017)
13	推進薬遮断弁のスイッチ接点材料変更	<p>推進薬遮断弁スイッチ接点の銀メッキを金メッキに変更した。信頼性の改善であり、安全上の問題はない。</p>	5項構造及び材料



4. HTV8号機ハザードレポート一覧 (1/12)

HR番号	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)	HTV8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。	【リスク最小化設計】 <ul style="list-style-type: none"> 非金属材料に難燃性の材料を選定し、結果を使用材料リスト(MIUL)で確認した。 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<u>解析や試験で確認した。</u> 	<ul style="list-style-type: none"> HTV8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(HTV補給ラック TYPE6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やヒータ回路の一部が削減されたため、再解析を実施した。温度モニタや遮断機能に係るHTV8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。	【リスク最小化設計】 <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"> HTV補給ラック TYPE6についてはオフガス発生量の少ない材料を選定した。 ヒータ関連および遮蔽幕は削減のため影響なし。 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。	【2故障許容設計】 <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<u>検査で確認した。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HTV8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. HTV8号機ハザードレポート一覧 (2/12)

HR番号	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)	HTV8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"> モジュール隔壁部のコネクタやフランジシールの設計に変更はなく、HTV8号機としては実際に使用されるシールや排気弁のスイッチが健全であることを試験で検証した。 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、HTV8号機として再検証は不要。
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、HTV8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。 HTV8号機で更新された使用材料リスト(MIUL)を再確認し、HTV8号機で追加された材料等については、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。 恒星センサは搭乗員のキック荷重に耐えられないため、接触禁止領域(No Touch Area)を設定した。 FRGF分離機構の駆動部が構造的に破断しないことを確認した。 カメラのレンズについてツールによる衝撃荷重に耐えられないため、同様に接触禁止領域(No Touch Area)を設定した。



4. HTV8号機ハザードレポート一覧 (3/12)

HR番号	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)	HTV8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、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。 • 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。 • 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。 	<ul style="list-style-type: none"> • 従来から設定されている破壊防止管理計画書に基づき、HTV8号機が適切に製造されたことを確認した。 • HTV8号機で更新された使用材料リスト(MIUL)を再確認し、HTV8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HTV8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. HTV8号機ハザードレポート一覧 (4/12)

HR番号	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)	HTV8号機の対応及び検証結果
HTV-0007	推進系又は電池の爆発	I (カストロフィットク)	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。	<p>【2故障許容設計】</p> <p>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。</p>	HTV8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。	<p>【2故障許容設計】</p> <p>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></p>	HTV8号機に搭載されるヒータ、温度センサ及びヒータ制御装置が、異常値に対してヒータへの電力供給を停止する機能について機能試験で確認した。また、全機が組みあがった状態でのヒータ機能最終確認を射場で実施し健全性を確認する。(6項4番)



4. HTV8号機ハザードレポート一覧 (5/12)

HR番号	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)	HTV8号機の対応及び検証結果
HTV-0007	推進系又は電池の爆発	I (カスタートロフィック)	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。	HTV8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. HTV8号機ハザードレポート一覧 (6/12)

HR番号	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)	HTV8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"> 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 独立部門による独立評価(IV&V) ハードウェア搭載後のシステム試験 	<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試験で確認した。</u></p>	<p>a. HTV8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. HTV8号機の誘導制御計算機及び緊急離脱装置間のインタ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を試験で確認した。</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. 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。<u>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. 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。</p>	<p>a. HTV8号機で変更した恒星センサを含めた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が恒星センサへの変更を取り込んで改修されていることを確認した。</p>

注) HTV-0008は主にランデブに関するHRであるが、ISSへの接近・離脱は基本指針の適用範囲外



4. HTV8号機ハザードレポート一覧 (7/12)

HR番号	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)	HTV8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。 <u>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。</u> b. 2故障時は、 <u>自動で緊急離脱系へ切り替わる</u> ことについて試験で確認した。	a./b. HTV8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。</u> 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。	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、機能試験で問題無いことを確認する。(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生じる。	【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、 <u>NASA及びカナダと協力して解析で確認した。</u> 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 <u>解析および試験で検証した。</u>	a. 把持領域の設定についてはHTV1号機以降変更はない。 b. 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

注) HTV-0008は主にランデブに関するHRであるが、ISSへの接近・離脱は基本指針の適用範囲外



4. HTV8号機ハザードレポート一覧 (8/12)

HR番号	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)	HTV8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。	<p>【2故障許容設計】</p> <p>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。<u>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。</u></p>	HTV8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。	<p>【2故障許容設計】</p> <p>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。<u>一次電池の個数は、運用に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。</u></p>	HTV8号機向けに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。HTV8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)

注) HTV-0008は主にランデブに関するHRであるが、ISSへの接近・離脱は基本指針の適用範囲外



4. HTV8号機ハザードレポート一覧 (9/12)

HR番号	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)	HTV8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衛対策を行う。<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、HTV8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、HTV8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"> HTV8号機で新規搭載する国産化FRGF分離機構を含め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した。(6項4番) HTV7用曝露パレットとHTV8の非与圧キャリアは直接組み合わせることがない。そのため、それぞれの製造誤差を加味して評価した。その結果、挿入時の噛み込みがないこと(ガイドレール/ホイール間の隙間が適切であること)およびHTV7用曝露パレットを非与圧キャリアに固定できることを確認した。



4. HTV8号機ハザードレポート一覧 (10/12)

HR番号	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)	HTV8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。	•HTV8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、HTV8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。	•HTV8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℃ ※船内活動員に対する許容外表面温度:-18~49℃	【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、 <u>熱解析モデルは熱試験にてコリレーションしたものを用いた。</u>	•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。 •HTV8号機で搭載する恒星センサ/FRGF分離機構/カメラについて、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。



4. HTV8号機ハザードレポート一覧 (11/12)

HR番号	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)	HTV8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"> HTV8で変更した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。 太陽電池パネルや恒星センサのバッフル部等、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等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され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、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。 	<ul style="list-style-type: none"> HTV8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。
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"> HTV8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、適切な通路幅等が確保できること等を検査で確認した。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"> HTV補給ラック TYPE6の搭載や遮蔽幕の削除を考慮しても退避に必要な適切な通路幅が確保されていることを確認した。また、緊急退避経路が識別されていることについてフライトハードウェアの検査で確認した。 HTV補給ラック上のハンドレール取付位置の変更は搭乗員がハンドレールの位置を決める際の自由度を高める変更であり、安全上の問題はない。 ファンの騒音が十分小さいことを試験で確認した。



4. HTV8号機ハザードレポート一覧 (12/12)

HR 番号	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)	HTV8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ブア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"> HTV8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、キーブアアウトゾーンがHTV8号機に有効であることを確認した。
			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"> 推進モジュールに新規搭載した圧力センサについて軌道上電磁波環境で誤動作することがないことを試験等により確認した。 恒星センサおよびFRGF分離機構はISSの電磁環境において健全に動作することを試験で確認した。 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。(6項2番)



5. 基本指針に対するHTV8の適合性評価結果

「宇宙ステーション補給機 (HTV) 等物資補給機の運用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	HTV8号機の適合性評価結果	関連するHR番号※
1. 目的及び位置付け	基本指針に基づきHTV8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	HTV7号機からの変更点を評価し、ハザード源を新たに識別し、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
(2)安全確保の方法		HTV-0002 HTV-0005 HTV-0008 HTV-0010 HTV-0013 HTV-0014 HTV-0016 HTV-0017

※太字:HTV8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HTV8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	HTV8号機の適合性評価結果	関連するHR番号※
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	HTV8号機において新規に開発・搭載される機器(HTV補給ラック TYPE6、恒星センサ、FRGF分離機構、カメラ)に対し、高真空耐性、接触温度等について確認し、問題ないことを確認した。 (変更点5, 6, 8, 10)	(HTV-0004) (HTV-0006) HTV-0013

※太字: HTV8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HTV8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	HTV8号機の適合性評価結果	関連するHR番号※
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	HTV8号機で搭載するHTV補給ラック TYPE6、恒星センサ、FRGF分離機構およびカメラについても十分強度を有していることを確認した。 (変更点5, 6, 8, 10)	HTV-0005
イ 軌道上の誘導環境 (ア) 雰囲気空気	HTV8号機からスタンドオフおよびラックの空間をキャビン空間から仕切るための遮蔽幕を削除した。これに伴い、狭い空間に搭乗員が往来できることになるため、高濃度二酸化炭素による搭乗員の低酸素兆候を新たなハザードとして識別した。携帯扇風機を使用して空気循環させることなどをハザード制御に追加した。 (変更点3) HTV8号機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: HTV8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HTV8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	HTV8号機の適合性評価結果	関連するHR番号※
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	<p>推進モジュールに新規搭載した圧力センサについて軌道上電磁波環境で誤動作することがないことを試験等により確認した。 (変更点12)</p> <p>恒星センサおよびFRGF分離機構はISSの電磁環境において健全に動作することを試験で確認した。 (変更点6, 8)</p>	(HTV-0015) HTV-0017
4. 宇宙環境対策 (3)軌道上環境等の保全	<p>HTV8号機で搭載するFRGF分離機構について誤放出を防止するための3つのインヒビットが適切に機能することを試験で確認した。(変更点8)</p> <p>HTV8号機ではISS係留中のHTV7号機用曝露パレットを廃棄するが、HTV7号機用曝露パレットとHTV8号機の非与圧キャリアは直接組み合わせたことがない。そのため、それぞれの製造誤差を加味して評価した。その結果、挿入時の噛み込みがないことおよびHTV7号機用曝露パレットをHTV8号機の非与圧キャリアに固定できることを確認した。(変更点11)</p>	(HTV-0003) HTV-0010

※太字:HTV8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HTV8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	HTV8号機の適合性評価結果	関連するHR番号※
5. 構造及び材料 (1) 構造 ア 設計 イ 強度及び剛性	HTV8号機新規開発品 (HTV補給ラック TYPE6、恒星センサ、FRGF分離機構、カメラ) 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。 (変更点5, 6, 8, 10)	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。(変更点13)	HTV-0001 HTV-0002 (HTV-0007) (HTV-0009)

※太字: HTV8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HTV8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	HTV8号機の適合性評価結果	関連するHR番号※
6. 推進	係留中不意な作動をしないことを確認した。	(HTV-0003) (HTV-0007) HTV-0008
7. 誘導・制御	係留中不意な作動をしないことを確認した。	HTV-0008



5. 基本指針に対するHTV8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	HTV8号機の適合性評価結果	関連するHR番号※
8. 電力	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:HTV8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HTV8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	HTV8号機の適合性評価結果	関連するHR番号※
9. 安全・開発保証 (2)信頼性 イ 故障検知	HTV8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。 (変更点6, 7)	HR全般
ウ 自律性の確保		HR全般
エ 自動機能に対するオーバーライド	前号機と同等に維持されている。	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		

※太字:HTV8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HTV8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	HTV8号機の適合性評価結果	関連するHR番号※
10. 人間・機械系設計 (1) 搭乗員の保護	<p>HTV8号機の機器や構造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。 (変更点2, 3, 5, 8)</p> <p>恒星センサのバッフル部については接触禁止領域 (No Touch Area) を設定した。 (変更点6)</p>	(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いる。	HR全般

※太字: HTV8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HTV8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	HTV8号機の適合性評価結果	関連するHR番号※
(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	前号機と同様問題ないことを確認した。	HTV-0008

※太字:HTV8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HTV8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	HTV8号機の適合性評価結果	関連するHR番号※
11. 緊急対処 (1)緊急警報	HTV補給ラック TYPE6の搭載や遮蔽幕の削除を考慮しても退避に必要な適切な通路幅が確保されていることを確認した。 また、緊急退避経路が識別されていることについてフライトハードウェアの検査で確認した。 (変更点3, 5) HTV補給ラック上のハンドレール取付位置の変更は搭乗員がハンドレールの位置を決める際の自由度を高める変更であり、安全上の問題はない。(変更点4)	(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:HTV8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、HTV8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。HTV8号機の安全検証追跡ログを次ページに示す。



7. 結 論

JAXAは、HTV8号機のISSの係留に関し、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、所定の安全対策が安全指針に合致したことを確認した。



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