

項目	HTVに係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果(宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連 サポートレポート
1 目的及び位置付け	<p>本指針は 宇宙開発利用部会として 宇宙ステーションの全体計画との整合性をとりつつ 宇宙ステーション補給機 以下「HTV」といっ)の宇宙ステーションへの接近 係留 離脱に係る安全確保を図ることを目的とする</p> <p>また 本指針は 宇宙開発利用部会において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際の指針と位置付ける</p>	<p>本指針に基づき HTVの宇宙ステーション ISS)への接近 係留 離脱に係る安全確保を図るため 指針の各項目の要求事項に対応して HTVの安全設計結果をまず</p>	-	-
2 適用範囲	<p>本指針は HTVの開発及び運用の各段階において安全評価に適用することとし 各段階において新たに必要となる事項等については 適宜追加 改訂を行ったこととする</p> <p>また HTVより輸送 補給される搭載物の安全については 搭載物の内容に応じて 必要があれば別途調査審議を行ったこととする</p> <p>なお HTVの打上げ及び再突入については「ロケットによる人工衛星等の打上げに係る安全評価基準」に基づき 安全評価のための調査審議を行ったこととする</p>	<p>HTVの開発及び運用の安全に関し 以下のよう宇宙開発委員会安全部会に報告した</p> <p>①詳細設計終了時に「HTVに係る安全評価のための基本指針」に基づき 安全設計結果について安全部会に報告した</p> <p>②開発終了時(平成20年予定) ハザード制御の妥当性検証結果について 安全部会に報告した</p> <p>搭載物に関しては 詳細が確定するのが打上げの半年から1年前であるため 確定した搭載物の内容に応じて 必要であれば JAXA)による安全解析及び審査の結果を報告する</p> <p>なお HTVの打上げ及び再突入の安全については「ロケットによる人工衛星等の打上げに係る安全評価基準」に基づき H II B)の飛行計画の審議時に報告する</p>	<p>HTV4号機以降の安全性確認結果については宇宙開発利用部会調査 安全)委員会)報告する搭載物(日本国が責任を有する物)の安全性確認結果について 必要に応じてJAXA)による安全解析及び審査の結果を報告する</p> <p>HTV4号機打上げの安全対策については「ロケットによる人工衛星等の打上げに係る安全評価基準」(平成24年9月6日宇宙開発利用部会)に基づき H-II B)の飛行計画の審議時)報告する</p> <p>HTV4号機以降の再突入の安全対策については「ロケットによる人工衛星等の打上げに係る安全評価基準」(平成24年9月6日宇宙開発利用部会)に基づき報告する</p>	-
3 基本的な考え方	<p>HTVの安全確保のため 以下の基本的な考え方に従って十分な安全対策を講じ リスクを可能な限り小さくすることとする</p> <p>1) 安全確保の対象</p> <p>宇宙ステーションは 人間をその構成要素として含むシステムであり 搭乗員の死傷を未然に防止するため 安全確保を図ることとする</p> <p>(2) 安全確保の方法</p> <p>HTVの開発及び運用においては すべてのハザードを識別し 以下の優先順位に従ってハザードを制御し 残存ハザードのリスクを評価することとする</p> <p>ア ハザードの除去</p> <p>ハザードについては 可能な限り除去する</p> <p>イ リスクの最小化設計</p> <p>故障許容設計 適切な部品 材料の選定等)より リスクが最小となるよう)する</p>	<p>(ハザード制御の基本となるものであり 具体的な設計対応は4項以降を参照)</p> <p>(1)安全確保の対象</p> <p>本指針の対象は ISSへの接近 係留 離脱における安全確保であり JEMと円構)に搭乗員の安全確保を図る</p> <p>HTVにおいては 直接搭乗員に被害を与えるハザード(主) 及び安全に関わるシステムに被害を与えることにより間接的に搭乗員に被害を与えるハザードを考慮し 搭乗員の死傷を未然に防止するための安全確保を図っている</p> <p>(主)ハザードとは 事故をもたらし要因が顕在又は潜在する状態をいっ</p> <p>(2)安全確保の方法</p> <p>ISSの安全に関する基本思想(NASA安全要求)と整合させる</p> <p>HTVは 以下)まず基本フロー)に従い安全設計を行っている</p> <p>A ハザードの識別</p> <p>a 対象システムの理解</p> <p>安全設計を実施する前提として ①対象システム ②運用 ③)宇宙ステーション</p> <p>④環境条件 ⑤他のシステムとのインタフェース等を十分に理解する</p> <p>b ハザードの識別</p> <p>対象となるシステム及びその運用に係る予)則可能な全てのハザードを 安全解析によって識別する ことでは 対象となるハードウェア)ソフトウェア)運用)操作等のヒューマンエラー)インタフェース)環境条件等を考慮して 体系的かつ論理的に解析を行う</p> <p>また 解析に当たっては 故障の木解析(FTA) 故障モード及び影響解析(FMEA)を活用して ハザードを抽出する</p>	<p>(1) 左記のとおりである</p> <p>(2) 左記のとおりである</p>	-

赤字+下線 HTV1のフェーズIII検証確認結果内容を反映した箇所 (フェーズIIまでの検証確認結果は黒字)

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 (2/20)

項目	HTVに係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果 (宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連 サポートレポート
	<p>ウ 安全装置 異常が発生しなくても被害を最小にするように 安全装置を付加する</p> <p>エ 警報 非常設備等 異常が発生した場合に 警報が作動し 万一緊急の措置を要する事態に至った場合には 緊急警報が作動して 搭乗員に異常を知らせる さらに 異常の発生に備えて 非常設備及び防護具を備える</p> <p>オ 運用手順 リスクが最小となるような運用手順を整備する</p> <p>カ 保全 適切な予防保全により 異常の発生頻度を小さくする</p> <p>(3) 有人活動の特殊性への配慮 HTVの宇宙ステーションへの接近 係留 離脱においては 宇宙ステーションの搭乗員による有人活動が行われるため 自然環境及び誘導環境から搭乗員及び安全に関わる機器を保護するために 十分な構造上の強度 寿命等を有するとともに 安全に関わるシステムの故障(誤操作を含む)に対する適切な許容度の確保 容易な保全等ができるようにする また 人火 爆発 危険物等による異常の発生の防止並びに 外傷 人傷 感電等の傷害及び疾病の発生の防止を図るとともに 緊急対策に十分配慮する</p>	<p>c ハザード原因の識別 識別したハザードの原因を識別する ハザード原因の識別/ 際しても 対象となるハードウェア ソフトウェア 運用 誤操作等のヒューマンエラー インタフェース環境条件等を考慮して 体系的かつ論理的に解析を行うとともに FTAやFMEA等の解析ツールを活用する</p> <p>d ハザードの被害の度合い及び発生頻度 HTVシステムにおいては 搭乗員の死傷 ISSシステムの喪失 / 損傷等の被害の度合いに応じて 以下のレベルを設定している I カタストロフィック (致命的) ハザード II クリティカル (重大) ハザード III マーナル (軽微) ハザード また ハザードの発生頻度を以下のよう4段階に分類し 識別している A Probable (プログラム中に発生する) B Infrequent (プログラム中に発生する可能性がある) C Remote (可能性はあるが プログラム中に発生するとは考えられない) D Improbable (プログラム中に発生する可能性は極めて小さい)</p> <p>B ハザードの除去 制御 a ハザードの除去 制御方法の検討 ハザードについては 可能な限り除去する 除去できない場合は 次の優先順位でハザードの制御を行う ①ハザードの最小化設計 ②安全装置 ③警報 非常設備等 ④運用手順 ⑤保全 b ハザード制御方法の検討 設定されたハザードの制御方法の有効性を 以下のいずれか あるしは組み合わせによって確認する ①試験 ②解析 ③検査 ④デモンストレーション</p> <p>c 残存ハザードのリスク評価 ハザードの制御方法の検証結果を評価して 残存ハザードのリスクが十分低いレベルに制御されていることを確認する 残存ハザードのリスクは 被害の度合い及び発生頻度のマトリクスで評価する</p> <p>(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て設計を行っている 4項以降に 個々の設計の内容を示す</p>	<p>(3) 左記のとおりである</p>	

赤字+下線 HTV1のフェーズIII検証確認結果内容を反映した箇所 (フェーズIIまでの検証確認結果は黒字)

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 (3/20)

項目	HTVに係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果 (宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連バートレポート
4 宇宙環境対策	<p>HTVは宇宙における自然環境並びに打上げ時及び軌道上における誘導環境から搭乗員及び安全に関わるシステムが保護されるようにしなければならない。このため以下の様な対策を講じる必要がある。</p> <p>(1) 自然環境からの保護</p> <p>ア 隕石 スペースデブリ</p> <p>隕石 スペースデブリの衝突により HTVの安全に関わるシステムが損傷し搭乗員が危険な状態とならないうつ可能な限り防御すること</p> <p>なお万一隕石 スペースデブリがHTVに衝突し HTVの安全に関わるシステムが損傷した場合に HTVから宇宙ステーション本体への回避により搭乗員の安全確保を図ること</p>	<p>(1) 自然環境からの保護</p> <p>ア 隕石 スペースデブリ</p> <p>隕石 スペースデブリの衝突により HTVの安全に関わるシステムが損傷し搭乗員が危険な状態とならないうつ次の通りの防御対策をとっている</p> <p>① 直径1cm以下のデブリ等</p> <p>HTVと圧キャリア及び推進モジュールにはデブリハンパ等を設置しデブリ等の貫通を防ぐ設計としており衝突試験によりデブリハンパ等の有効性を確認している</p> <p><u>ハンパ装着による貫通防御対策が実施されていることを検査にて確認した。</u></p> <p>② 直径10cm以上のデブリ等</p> <p>直径10cm以上のデブリ等は米国のレーダ網で追跡して得られる軌道情報に基づき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</p> <p>またHTVがISSに係留している間はNASAがISS軌道制御を行うことでデブリ等の衝突を回避する</p> <p><u>上記の衝突回避手順となっていることについて、それぞれ手順書(フライトルール)にて確認した。</u></p> <p>③ 直径1~10cmのデブリ等</p> <p>この範囲のデブリ等は上記②に示すレーダ監視による軌道変更といった対応がとれない場合があるHTV単独飛行中に万一デブリ等が衝突した場合HTVの健全性を確認し飛行継続の可否を判断する</p> <p>またISSに係留する前はISSロボトームでHTVを把持した状態でISSのカメラによりHTV側の結合機構(デブリ等との衝突による損傷がないこと)を目視検査する</p> <p><u>ISS係留前目視検査が行われることについて、手順書(フライトルール)にて確認した。</u></p> <p>係留中HTVと圧キャリアのハンチが開放された状態で万一デブリ等が衝突してHTVの与圧壁を貫通した場合与圧壁の構造上HTVと圧キャリアが破壊することはなくHTVと圧キャリア内の空気が漏洩することが確認されている。その場合ISSが圧力減少を検知し搭乗員は緊急避難機へ避難する。その際可能な限りモジュール間のハンチを閉して避難する</p> <p><u>HTVが上記手順に対応できる(ISSが急減圧を検知した場合警告を受けた後3ヵ月以内にハンチ閉鎖及びIMVハルブの閉鎖等のHTVの隔離作業に対応できる)設計であることを確認した。</u></p> <p>デブリ等がHTVを貫通しない確率(非貫通確率 PNP Probability of No Penetration)は10cm以下の全てのデブリ等に対して0.9977(年1口の飛行を想定し10年間で計300日の運用期間を前提)がISSの構成要素として配分されているHTVではISS共通の解析ノールを用い実際のデブリ貫通試験の結果を反映しパラメータを使用することでPNPを評価している</p>	<p>(1) ア</p> <p>① HTV4号機でも同一設計のハンパを取り付けることとしており射場で取り付けを完了する予定である</p> <p>② 左記の運用については既にルール化されておりHTV4号機も同じルールが適用される</p> <p>③ ISS係留前の結合機構部目視検査は既にルール化された手順でありHTV4号機も同じルールが適用される</p> <p>ハンチ IMVハルブや搭乗員の移動支援についてHTV4号機でも隔離作業に対応した設計となっていることを検査や機能試験で確認した</p> <p>HTV4号機でもHTV1号機と同一のデブリ防止対策を採っておりPNPの評価に変更はない</p>	<p>HTV 0009 隕石/デブリとの衝突</p>

赤字+下線 HTV1のフェーズⅢ検証確認結果内容を反映した箇所 (フェーズⅡまでの検証確認結果は黒字)

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 (4/20)

項目	HTV1に係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果(宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連 サートルポート
	<p>イ 宇宙放射線 HTVの安全に関わる機器は放射線による振動作・故障及び性能劣化を可能な限り生じないこと また、搭乗員が搭乗期間中に受ける放射線の被曝量をモニターすること</p> <p>ウ 高真空 微小重力等 HTVは高真空 微小重力 電磁波 プラズマ 高圧 低圧 原子状酸素等の環境に対して搭乗員の安全及び安全に関わる機器の正常な動作を確保できること また、与圧部に設置される安全に関わる機器は減圧し耐え再加圧後正常に動作すること</p>	<p>イ 宇宙放射線 ISSが運用される高度約400km 軌道傾斜角51.6度の軌道においては搭乗員及び機器は大陽系外から飛来する鉄等の重粒子成分を含む銀宇宙線 太陽フレアで発生する太陽放射線 地球磁気圏に定常的に捕捉されている捕捉放射線により被曝する このため軌道上の搭乗員についてはISSでは造血器官(深さ5cmの線量当量)に対する被曝が年間400mSv(40rem)を超えないことが設計要求とされている HTV与圧キャリアは外壁にアルミを使用し外壁の外側にはアルミ製のデブリハンパ 多層断熱材が設置されまたHTV与圧キャリア内の外壁内側には機器や物資を搭載したラック 積載口が設置され放射線の遮蔽を寄与している これらの対策によりHTV与圧キャリア内の搭乗員に対する被曝量はISS設計要求値内に抑えられることを解析により確認している なお運用に当たっては太陽フレア等の突発的な現象に備え太陽活動の観測やISS船内 船外における宇宙放射線計測を実施し搭乗員の被曝量を定常的に把握する計画となっている さらに搭乗員個人の被曝量を計測 記録し宇宙放射線被曝のリスクを容認可能なレベルに保つため搭乗期間及び船外活動(EVA Extra Vehicular Activity)の期間を適切に管理することにより生涯に受ける被曝量及び一定期間内に受ける臓器 組織の被曝量を制限する計画となっている またHTVの安全に関わる機器についてはこれらの放射線による振動作 故障及び性能劣化を生じないよう耐放射線部品 放射線シールド ソフトウェア改善(エラー検出訂正等)等対策を講じHTVとしての耐放射線性を評価 確認している</p> <p>ウ 高真空 微小重力等 ① 高真空 HTV与圧キャリアは搭乗員が高真空の環境に曝されないうつISS本体側による圧力制御によって内部圧力を維持する設計となっている 本件についてはISSとのインタフェース管理仕様書(ICD)に規定されておりHTVは搭乗員帯在時はハッチを開放することでISS本体側の全圧制御に依存する運用となっていることを確認し 曝露環境に設置される機器は高真空に曝されるため地上との気圧環境の差異を考慮し設計とされており環境試験により高真空下での耐環境性を確認し(減圧 再加圧については11(3)を参照) ② 微小重力 微小重力下での物体の浮遊による搭乗員への衝突や挟み込みを防止するためHTVに持ち込まれる又は取り外される機器は仮置き時に拘束器具が取付け可能で搭乗員による取扱いの作業手順が適切に設定されている 該当する機器についてはノートラック テザーポイントを設けることで交換作業中に固定できる設計としていることを図面 実機検査にて確認し なお小型機器は、ハンクに収納するかヘルク口で固定するよう作業手順が適切に設定されていることを確認し また微小重力下で搭乗員が作業を行う場合には自身の足を固定できるよつ適切な箇所足部固定具が設置可能となっていることを、IVAにおいては図面で確認し</p>	<p>現在(平成25年6月時点)においてもISSをデブリが貫通し実績は報告されていない</p> <p>イ HTV4号機でも主構造や搭載重量 配置等はHTV1号機と同様でありHTV与圧キャリア内の搭乗員に対する被曝量についてISS設計要求値内と判断している 搭乗員個々の被ばく管理はISS全体のルールに従って適切に実施されている</p> <p>HTV4号機の安全に関わる機器の部品等に変更はなくHTV1号機と同等の耐放射線性が維持されている</p> <p>ウ ① 本件に係るISS本体側とのインタフェースに変更はなくHTV4号機も係留中はHTV1号機同様ISS本体側の機能で圧力制御されるHTV4号機の曝露環境に設置される機器設計変更はなく高真空下での耐環境性を有している</p> <p>② HTV4号機の構成の内軌道上微小重力環境下で取り外される可能性がある「煙センサ」「丁搬で有人器」「丁搬で呼吸器」について取り扱い手順等はHTV1号機から変更されていない またHTV4号機に搭載される積荷の取り扱いについては従来同様積荷側の審査を受けるプロセスとなっている HTV4号機でも搭乗員が両手作業を行えるよつ必要な足場固定具を設置するポイントが設けられていることを検査で確認し</p>	<p>関連 サートルポート</p> <p>HTV 0004 ノールノールからの空気漏洩</p>

赤字+下線 HTV1のフェーズIII検証確認結果内容を反映し箇所 (フェーズIIまでの検証確認結果は黒字)

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 5/20

項目	HTV1に係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果 (宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連 サートルポート
	<p>(2) 誘導環境からの保護</p> <p>ア 打上げ時の誘導環境 構造及び安全に関わる機器は 打上げ時における振動 加速度 音響 圧力等の誘導環境について 打上げ機搭載時の諸条件に耐えられること</p> <p>イ 軌道上の誘導環境</p> <p>(ア) 雰囲気空気 酸素濃度 二酸化炭素濃度 一酸化炭素濃度 気圧等の環境については 宇宙ステーションの機能を利用して制御するため HTV内及びHTVと宇宙ステーション間で適切な換気が実施できること また HTV内でこれらについての異常が発生した場合 異常の発生を宇宙ステーションに通知し 搭乗員に知らせることができること さらに HTVの宇宙ステーションへの結合前には これらについての異常がないことを確</p>	<p>③ 電磁波 (電磁波については 4 (2) イ (ウ) を参照)</p> <p>④ プラズマ 軌道上の本陽光線 高速荷電粒子の衝突により発生するプラズマは 機器を帯電させ 機器の性能劣化 故障を引き起こす恐れがあるため 機器 構造物 熱制御材等に対し 電気的接地の確保 帯電防止が行われている これは打ち上げ前に各電気的結合部の抵抗を測定することで確認している また 軌道上で交換される圧検知器は、電気的結合部を冗長または表面処理等の追加対策を施すことで対応している。</p> <p>⑤ 高温 低温 搭乗員が地上に比べて厳しい 軌道上の熱環境に曝されないよう HTVの内部では ISS本体側と換気を行うための空気循環ファン等により 搭乗員が快適で活動できる 温度環境が提供されることを 受入試験にて確認している。 また 軌道上の熱環境により機器の性能劣化 故障が生しないよう 打上げから全運用範囲にわたって 各機器の温度を許容温度範囲内に保つため 宇宙空間との熱の授受 最低 最高温度等を解析により 多層断熱材による保温 ヒータによる加熱等の対策が十分であることを検証した。なお、HTV本機の熱平衡試験を実施し、予測温度を検証している。</p> <p>⑥ 酸素原子 紫外線により解離生成される酸素原子は 有機材料 金属の表面の材料特性を変化させるため 影響を受ける部分に対しては ISS共通の材料選定基準(実績のある材料又は部材を使用するか、適切な表面処理を施す)に従って、原子状酸素を考慮した使用材料を選定していることを確認している。</p> <p>(2) 誘導環境からの保護</p> <p>ア 打上げ時の誘導環境 HTVの構造 機器は 打上げ時の誘導環境に基づいて H IIB ロケット内のHTVの搭載を考慮した 振動 加速度 音響 圧力等の諸条件に対して 構造破壊 劣化等を起こさないよう 設計マージンが確保されている 以下の設計検証結果について 詳細を5項に示す。 剛性設計 強度設計 疲労強度設計</p> <p>イ 軌道上の誘導環境</p> <p>(ア) 雰囲気空気 ① 酸素等の濃度 HTVと圧キャリアは 空気浄化機能を持たないため 酸素濃度 二酸化炭素濃度 一酸化炭素濃度等の制御はISSの機能に依存している ISS本体側で酸素分圧の制御 二酸化炭素 有毒ガス等の除去が行われることを ISSとのICDに規定されていることで確認した 保留フェーズでは 隣接するノート2とHTV間のハンチを開放し HTVと圧キャリア内の空気循環ファンにてノート2の空気をHTVと圧キャリアに導入するとともに HTVと圧キャリア内部の空気の循環を行っている HTVと圧キャリアに導入された空気の一部はHTVと圧キャリア中で再循環し 大部分はハンチを経由してノート2へ循環する この設計については HTV1の与圧配</p>	<p>③ (4 (2) イ (ウ) を参照)</p> <p>④ HTV4号機についてもHTV1号機と同様の電気的接地の確保 帯電防止設計を適用しており 最終的には射場で全機結合した状態で検査を行ったこととしている 煙センサー取付け部の設計についてもHTV1号機と同様である</p> <p>⑤ HTV4号機に搭載する空気循環ファンの機能性能が所定の要求を満足していることを受入試験で確認している 多層断熱材やヒータの施工についてもHTV1号機から維持している図面に基づき検査し ヒータの機能については試験で確認している 熱設計についてはHTV1号機から変更がないため HTV1号機のワーストケース温度評価がHTV4号機でも有効である</p> <p>⑥ HTV4号機で新たに使用する材料や部材については ISS共通の材料選定基準に適合していることを使用材料リストで確認している</p> <p>(2)</p> <p>ア 打上げ環境条件等はHTV1号機と同一であり 設計検証結果はHTV4号機でも有効である</p> <p>イ</p> <p>(ア) ① ISS本体側とのICDに変更はなく 酸素の圧制御 二酸化炭素 有害ガス等の除去はISS本体側で行われている HTV2号機でダクト系設計の見直しが行われ あらかじめ空気循環風量の要求に適合していることが確認された HTV4号機はHTV2号機と同様ダクト系設計であるため 空気循環等の評価についてもHTV2号機で構築した解析モデルに準じている HTV4号機としては空気循環ファンの機</p>	<p>HTV 0013 接触面 温度異常</p> <p>HTV 0005 構造破壊</p> <p>HTV 0002 大気汚染</p>

赤字+下線 HTV1のフェーズⅢ検証確認結果内容を反映した箇所 (フェーズⅡまでの検証確認結果は黒字)

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 6/20

項目	HTV1に係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果(宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連 サポートレポート
	<p>認できること</p> <p>(イ) 汚染 有害物質は 使用しないことを原則とするが 使用することが避け難い場合は 搭乗員の安全に影響を与えないこと なお 一旦発生したものの低減は 宇宙ステーション本体の機能に依存するが 大量の有害物質が発生した場合 一旦与圧舱内の空気を宇宙空間へ排出できること</p>	<p>にはISS本体との空気換気のため1つのファンが設置され、HTVと隣接するモジュール間の通風換気が可能な設計となっていることを通風量の測定により確認し、また、このファンはHTV与圧キャリア内部の空気攪拌用のファンを兼ねているが、ファン停止時は、クーレ退避までCO2濃度が危険なレベルにならないことを解析で確認している。 なお、人災発生時は消人剤としてCO2が噴霧される。この消人剤が放出された場合は、CO2濃度が上昇するがHTV内の空気循環により一時的なものであることを確認している。 係留中にハッチを閉してHTVを隔離している際は、クーレが立ち入る可能性がないことからHTV与圧キャリア内の空気を循環しない</p> <p>② 気圧 係留中でハッチを開放している際、HTV与圧キャリア内部の圧力はISS全体の圧力制御の一環で制御され、1気圧に維持されている。通常運用時、HTVとISS本体を隔てるハッチは開放されており、HTV内の急激な減圧はISS本体で検知され、ISS全体に警告・警報(警告音と警告灯)されることをISSとのICDI規定されていることを確認し、なおHTVは警告・警報機能を隣接するモジュールの機能に依存している。 ハッチを開いてHTVをISSから隔離した状態では、HTV与圧キャリア内圧をモニターし、空気圧力が所定の値を上回った場合、2系統のセントリリフバルブによって与圧空気を宇宙空間へ排出する</p> <p>③ 温度 湿度 HTV与圧キャリア内の温度・湿度の制御はISSの環境制御機能に依存しており、HTVの空気循環ファンによりHTV内の湿度維持に必要な換気が隣接モジュールとできることを解析で確認している。</p> <p>④ 気浮等 HTV与圧キャリア内部では、微重力下において特定の場所へ空気の滞留が生じないように、空気循環ファンの容量・回転数・ディフューザ仕様(形状・吹き出し面積・方向・絞り量等)を最適化して人工的に適切な空気流を発生させる無重力を考慮し、空気循環が適切であることを解析、及び可能な限り対流を抑えた空気循環試験をしている。また、ファン停止時は、クーレ退避までは、CO2濃度が危険なレベルにならないことを解析で確認している。ファン故障時はHTV制御系及びISS側にて検知し、クーレは退避する</p> <p>⑤ 結合前の異常確認 HTVは、打上げ直前、HTV与圧キャリア内の空気組成を分析し、適切な組成であることを確認する計画である。また、HTVがISS係留後入室前、HTV与圧キャリア内の気圧が規定値内であることを確認する手順が設定されていることを手順書にて確認し、</p> <p>(イ) 汚染 <有害物質の放出防止> HTVにおいてはISS計画で規定された材料選定基準(HTVのポリウムを考慮して、各物質ごとの人体に対する許容量が定められている)に従って使用する材料が選定されていることを確認している。有毒・危険な化学物質材料は使用されていない。 構造・内装・搭載機器等に使用される非金属からのオフガスについては、製造試験段階で必要に応じて部品・機器・ランクレベルでオフガス試験を実施し、オフ</p>	<p>能性が解析モジュールの前提となる所定の要求を満足していることを受入試験で確認している。ファン停止時のCO2濃度上昇や消人剤放出後の評価に関してはHTV与圧キャリア内部容積が同じであるためHTV1号機の評価結果がHTV4号機に対しても有効である</p> <p>② HTV1号機同様、HTV4号機与圧キャリア内部の圧力はISS全体の圧力制御の一環で1気圧に維持される。HTV4号機内の急激な減圧はISS本体側で検知されることもHTV1号機同様であり、その前提となるICDIにも変更はない。 HTV4号機をISSから隔離した状態での与圧キャリア内圧力制御のため、HTV1号機同様、2系統のセントリリフバルブを設置し、適切に機能することを試験で確認している</p> <p>③ ダクト系設計を具置し後のHTV2号機の検証結果(適切に空気循環ができることを試験と解析で確認し)と同様、ISS本体側と適切に換気できることを空気循環ファンの機能試験で確認し、</p> <p>④ ディフューザの仕様について、ダクト系設計具置し後のHTV2号機同様であることを検査で確認し、空気循環ファンが解析の前提となる風量等を供給出来ることを試験で確認し、また、ファンの故障がISS側で検知できるよう、ISSとの通信インターフェースが適切に機能することを機能試験で確認し、</p> <p>⑤ HTV1号機同様、打上げ前、与圧キャリア内の空気組成を解析して問題がないことを確認する計画である。ISS係留後入室前に気圧が規定値内であることを確認する手順はルーチン化されており、HTV4号機にも適用される</p> <p>(イ) HTV4号機で新たに追加される材料に対しても、同じ選定基準が適用され、有毒・危険な化学物質材料は使用されていないことを使用材料リストで確認している。 HTV4号機でも射場でオフガス試験を実施し、与圧キャリア内のオフガス発生量が基準を満足し</p>	<p>HTV 0002 大気汚染</p>

赤字+下線 HTV1のフェーズIII検証確認結果内容を反映し、箇所(フェーズIIまでの検証確認結果は黒字)

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 (7/20)

項目	HTV1に係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果(宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連 サポートレポート
	<p>(ウ) 振動 音響 電磁波</p> <p>HTVの機器が発生する振動 音響及び電磁波は 搭乗員及び安全に関わる機器に影響を与えないこと</p> <p>また 安全に関わる機器は 宇宙ステーションより発生するこれらの環境に十分耐えられること</p> <p>(3) 軌道上環境等の保全</p> <p>宇宙空間における不要な人工物体となるものの発生については 合理的に可能な限り抑制する</p>	<p>ガス発生量がISSで設定される基準レベル内であることを確認している。</p> <p><制御></p> <p>ISS本体において搭乗員に影響を与えることが想定される放出物質の監視 警報発出 制御が行われる HTVでは 特定の毒物等による汚染源を有していないため 汚染源を持つ実験装置等の搭載物が必要な制御を行う</p> <p>HTVと圧キャリヤ内で汚染が発生し 緊急処置が必要となった場合 搭乗員は隣接するモジュールに避難し ハッチを閉じHTVを隔離する HTVがハッチ及びモジュール間のハルブを閉じる能力を持つことを機能試験にて確認している。</p> <p>また 汚染をISS本体側で除去できない場合は HTVと圧キャリヤ内の空気を宇宙空間へ排出して汚染物質を除去する このための能力として 船外とのHTVキャビン間に設置した排気ハルブが有効であることを 機能試験にて確認している。</p> <p>クルー退避路 警告警報装置が適切な設計となっていることを解析 機能試験で確認している。なお HTV隔離のため ハッチはISS共通口を使用していることを確認している。 4(3) 軌道上環境等の保全 11(1)ウ 汚染を参照)</p> <p>(ウ) 振動 音響 電磁波</p> <p><振動></p> <p>振動源となり得る回転機器としては 空気循環ファンがあるが 当該ファンから発生する振動は ISSの微重力実験に影響を及ぼさないよう抑制されているため 人体あるいは搭載機器に影響を与えないことを運転試験により確認している。</p> <p>ISSでは ISSの軌道変更等から加速度が生じるが これらの荷重にHTVの構造が耐えることを解析にて確認している。なお この荷重は打上げ時の振動環境と比較して小さいことを確認しており 搭乗員 HTV 搭載機器等に影響を与えない</p> <p><音響></p> <p>空気循環ファン 空調ダクト ハルブ ノズル等から音を発するが ISS計画では 搭乗員に快適な環境を提供できるよう 騒音に対する設計基準が設定されており HTVにおいても当該基準を適用して設計されている</p> <p>空調ダクト ノズルから発生する騒音が ISS計画における騒音に対する設計基準以下であることを解析 試験にて確認している。</p> <p>なお、一部規定を満足しないが、短時間のHTV内の搭乗員活動を考慮すると許容可能であることを解析にて確認している。</p> <p><電磁波></p> <p>ISSの各機器 地上レーダ スペースシャトル ノユーズ プロクレス ATV 人工衛星等から電磁波が発生するが ISS計画では電磁干渉によって機器誤動作を引き起こさないよう 電磁波を生じる側と受ける側の双方に対して規定が設けられている HTVもこの規定が適用され 機器レベルからシステム全体にわたって 試験により電磁適合性(EMC)を確認した</p> <p>(3)軌道上環境等の保全</p> <p>HTVは 廃棄物は持ち帰るかあるいはHTV自身で投棄するため 軌道上で放出しなければならない固体の廃棄物を持たない 積み荷等の誤放出を防止するために 3つ</p>	<p>ていることを確認する計画である</p> <p>HTV1号機同様 HTV4号機としては与圧キャリヤ内の毒物等の汚染源は搭載しておらず 実験装置等の汚染源については装置側で必要な制御を行う</p> <p>HTV4号機が緊急時の隔離に対応できることについて ハッチ及びハルブ等の機能試験で確認している 排気ハルブが適切に機能することについても機能試験で確認している</p> <p>搭乗員の退避路が設計とおり適切に設定されていることを検査で確認し ISS共通のハッチが適切な品質を有することについて検査で確認した</p> <p>(ウ)</p> <p>空気循環ファンに異常な振動等がないことについて機能試験で確認している</p> <p>HTV4号機の主要構造はHTV1号機から変更されており 軌道上荷重への耐性等についてHTV1号機で実施した評価が有効である</p> <p>タクト設計が見直され HTV2号機の騒音評価(HTV1号機と同等であり要求に適合)に基づき HTV4号機に搭載する空気循環ファンの騒音レベルが許容可能なレベルであることを受入試験で確認している また 騒音解析の前提となるタクトやノズル等の設計がHTV2号機同様であることを検査で確認している</p> <p>HTV4号機に搭載する機器に対し 電磁適合性の前提となる適切な電氣的接地の確保 帯電防止かなされていることを検査で確認した なお HTV構成要素(与圧モジュール 電気モジュール等)間の接地等については射場で確認する計画としている</p> <p>(3)</p> <p>HTV4号機は軌道上で放出しなければならない固体の廃棄物を持たない また HTV1号機同様</p>	<p>HTV 0015 騒音</p> <p>HTV 0017 電磁放射</p> <p>HTV 0010 浮遊物のISSへの衝突</p>

赤字+下線 HTV1のフェーズII検証確認結果内容を反映し 箇所(フェーズIIまでの検証確認結果は黒字)

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 (6/20)

項目	HTVに係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果(宇宙開発委員会(て妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連 サートルート
5 構造及び材料	<p>よつに考慮すること このため原則として 固体の廃棄物及び短期間に気化しない液体の廃棄物を軌道に投棄しないこと</p> <p>(1) 構造 HTVの構造は 搭乗員及び搭載機器を宇宙環境から保護するとともに 安全に支持するため十分な余裕度を持って設計 開発されなければならない このため 以下のよつな対策を講じる必要がある</p> <p>ア 設計 不測の事態において一つの構造部材が損傷しても 搭乗員を危険な状態に陥らせないと また 圧力容器(与圧部構造体を含む)はリークビフォアラプチャ又は安全寿命設計であること</p> <p>イ 強度及び剛性 HTVの構造は 打上げ時及び軌道において想定される環境条件の下で 十分な強度及び剛性を有し 運用期間に対し十分な疲労寿命を有すること</p>	<p>のインヒビントにより結合機構の不意の動作が防止できていることを試験で確認した。 また 機器の故障時は HTVの推進薬が船外に漏洩する可能性があるが スラスタハルブの意図しない開放を防止するため 3つのインヒビントにより制御していることを試験で確認し ハルブノールから漏洩する少量の推進薬は短時間に気化することを要素試験にて確認している。</p> <p>(1) 構造 ア 設計 <荷重条件> ① 飛行荷重 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て 十分な剛性 静強度 疲労強度を持つよつ設計され その結果は解析及び強度試験によつて検証され 十分な安全性を持つことが確認されている ② 構造損傷 搭乗員の過失等 不測の原因によりHTVの構成機器等に構造損傷が生じた場合にも 搭乗員 HTVが直ちに 危険な状態に陥ることのないよつ 構造損傷を要していない 残りの構造で 制限荷重まで耐える設計となっている</p> <p><圧力容器の設計> HTV与圧キャリア隔壁を含む圧力容器は 破裂の危険性に対し十分な安全性を確保するため 次の対応が取られている ① 最大設計圧力(MDP Maximum Design Pressure) 圧力システムを構成する機器(圧力解放機構 減圧弁 流量制御装置等)の考えられる2つの故障を想定し 場合の 最悪の到達圧力をMDPとして設定し さらにMDPに所定の安全係数を乗し 圧力に対して必要十分な強度を持たせ 設計であることを 設計解析及び耐圧試験等で確認している。(安全係数については イ 強度及び剛性を参照) ② リークビフォアラプチャ HTV与圧キャリア隔壁については 破壊靱性値の高い材料と運用圧力における適切な応力を選ぶことにより リークビフォアラプチャ設計(容器に許容値を超える長さの亀裂が発生した場合でも 亀裂が貫通してリークが発生することで圧力を下げ 破裂を起こさない設計)としていることを解析にて確認した。</p> <p>イ 強度及び剛性 <剛性> ① 有害な変形の防止 HTVには H11Bロケットによる打上げ 軌道上行重(ISSの軌道変更等)による荷重が負荷されるため 運用中の最大荷重に対し 次の剛性を持つよつに設計した (ア) 複合し 環境条件の下で 結合部を含め構造物に有害な変形が生じない (イ) 変形によつて構体の連接部品間の接触 干渉を生じない ② 有害な共振の防止 打上げ 軌道上運用において HTVとH11Bロケット HTVとISSの間での共振により 過大な荷重が加わり 有害な変形 破壊を起こすことのないよつにHTVは設計した</p> <p>①および②については 以下のよつに 構造解析、試験で検証した。 解析し 使用した 構造数学モデルは、構造検証モデルでモーダルサーベイ試験を</p>	<p>に積み荷の解放やスラスタハルブの意図せぬ開放を防止するための3つのインヒビントが適切に機能することを試験で確認した</p> <p>5 (1) ア ① HTV4号機はHTV1号機で検証され 主構造設計を引き継いでおり HTV1号機の設計検証結果が適用できる ② HTV4号機はHTV1号機で検証され 主構造設計を引き継いでおり HTV1号機の設計検証結果が適用できる また クリティカルな構造部材に対しては破壊管理計画に基づいた適切な製造 取扱いがなされており 打上げまで問題となる損傷が発生していない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)で確認している</p> <p>① HTV4号機はHTV1号機で検証され 主構造設計を引き継いでおり HTV1号機の設計検証結果が適用できる HTV4号機の与圧部構造に対しても耐圧試験を実施し 問題ないことを確認している ② HTV4号機はHTV1号機で検証され 主構造設計を引き継いでおり HTV1号機の設計検証結果が適用できる</p> <p>① HTV4号機はHTV1号機で検証され 主構造設計を引き継いでおり HTV1号機の設計検証結果が適用できる ② HTV4号機はHTV1号機で検証され 主構造設計を引き継いでおり HTV1号機の設計検証結果が適用できる</p>	<p>関連 サートルート HTV 000 推進薬漏洩による汚染</p> <p>HTV 0005 構造破壊</p> <p>HTV 0006 正圧による構造破壊</p> <p>HTV 0007 爆発</p> <p>HTV 0005 構造破壊</p> <p>HTV 0006 正圧による構造破壊</p> <p>HTV 0007 爆発</p>

赤字+下線 HTV1のフェーズⅢ検証確認結果内容を反映した箇所 (フェーズⅡまでの検証確認結果は黒字)

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 (9/20)

項目	HTVに係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果 (宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連 ザートレポート
		<p>実施し ハードウェアとの相関性があることを確認し。搭載機器レベル等の、ランダム振動、音響振動に敏感な部位に対しては 振動試験を実施して確認し。また PFMモデルを用いて、静荷重試験を実施し。</p> <p>インタフェース荷重の検証として 設計の進捗に合わせて軌道上乗結合解析が行われており HTVの構造設計の条件が包絡されていることを確認し。これは打ち上げ前まで 最終的な確認を行う (宇宙開発委員会報告後) 確認を完了した。</p> <p><静荷重強度></p> <p>HTVの構造は 打ち上げ 着陸 軌道上荷重の中で予想最大荷重である制限荷重に 安全率 (打ち上げ 着陸時) に対しては降伏1.0倍 終極安全率1.25倍 軌道上荷重に対しては降伏1.1倍 終極安全率1.5倍) を乗し、降伏 終極荷重) 対し 湿度等を複合し、環境条件の下で 降伏 破壊を生じないように設計している。</p> <p>これらは、以下のよりに検証し。</p> <p>構造解析を実施し 解析に使用し、構造数学モデルは 構造検証モデルでモデルサーベイ試験を実施し ハードウェアとの相関性があることを確認し。また PFMモデルを用いて 検証を実施し。</p> <p>なお 一部の機器は静荷重試験を実施し、代わりに、安全率を大きく (終局荷重) に対して2.0倍の安全率) とつた検証を行った。</p> <p>インタフェース荷重の検証として 設計の進捗に合わせて乗結合解析が行われており、HTVの構造設計の条件が包絡されていることを確認し。これは打ち上げ前まで 最終的な確認を行う (宇宙開発委員会報告後) 確認を完了した。</p> <p><疲労強度></p> <p>① 寿命</p> <p>HTVの構造には安全寿命設計が適用され 機械的 熱的負荷サイクルに安全率を乗し、負荷サイクルを受けても構造破壊が生じないように設計されている。HTVの寿命は全運用サイクルを考慮して評価しているが構造設計は最も厳しい荷重が負荷される打上時が評定となる。新規設計要素である主構造部分は静荷重試験で強度の確認を行い 安全寿命設計の結果) ついても十分な余裕があることを確認し。</p> <p>② 安全率</p> <p>HTVの構造には安全寿命設計が適用され 機械的 熱的負荷サイクル) 1.5倍の規定である安全率4.0を乗し、負荷サイクルを受けても構造破壊が生じないように設計し。</p> <p>③ 疲労寿命の確認</p> <p>該当部分の破壊が 搭乗員 HTV ISS) 重大な影響を与えるHTVの構造要素 (フラクチャ クリティカル アイテム) は 非破壊検査及び亀裂進展解析を実施し 欠陥が許容される範囲内であることを確認し。</p>	<p>HTV4号機はHTV1号機で検証され、主構造設計を引き継いでおり HTV1号機の設計検証結果が適用できる。</p> <p>① HTV4号機はHTV1号機で検証され、主構造設計を引き継いでおり HTV1号機の設計検証結果が適用できる。</p> <p>② HTV4号機はHTV1号機で検証され、主構造設計を引き継いでおり HTV1号機の設計検証結果が適用できる。</p> <p>③ HTV4号機はHTV1号機で検証され、主構造設計を引き継いでおり HTV1号機の設計検証結果が適用できる。また クリティカルな構造部材に対しては破壊管理計画に基づく非破壊検査を行い 部材の欠陥が許容範囲内であることを確認している。</p>	<p>関連 ザートレポート</p>
	<p>(2) 材料</p> <p>材料については 可燃性 臭気 有害ガス発生 腐食 応力腐食割れ等の特性を十分考慮して使用すること</p>	<p>2) 材料</p> <p>ア 可燃性 有害ガス発生に対する考慮</p> <p>火災防止 搭乗員の健康傷害防止のため HTVと圧キャリア内の非金属材料には 可燃性 難燃性で 有害ガスの発生が極めて少ない材料が使用されていることを確認している。これは 以下のような ISS共通の基準に従い選定し 使用されていることを、材料選定時の評価 組み付け時の検査にて確認している。</p> <p>可燃性 材料レベルでの可燃性試験) おいて規定値以上の可燃伝播が生じない材料 (実績の無い材料は 試験を行い評価している) であるか 機器に搭載された状態で機器筐体により火炎伝播が防止されるよりに使用される材料。</p>	<p>(2)</p> <p>ア</p> <p>HTV4号機で新たに使用される材料等) ついて ISS共通の基準に適合していることを使用材料リストで確認し。</p>	<p>HTV 0001 人々</p> <p>HTV 0002 大気汚染</p>

赤字+下線 HTV1のフェーズIII検証確認結果内容を反映し、箇所 (フェーズIIまでの検証確認結果は黒字)

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 10/20

項目	HTVに係る安全対策の評価のための基本指針	HTV 1号機の適合性確認結果 (宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV 4号機の適合性確認結果	関連 ザートルレポート
		<p>HTV 1号機の適合性確認結果 (宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)</p> <p><u>オフガス HTVのギリウムを考慮して、各物質ごとに人体に対する許容量以下となるように 非金属材料の使用量を制限するか 機器シール等でオフガス試験を実施して、ガス発生量が許容値以下であることを確認する。</u></p> <p>イ 破壊靱性に対する考慮 デブリの衝突等によって原則の損傷を受けず 場合でも致命的破壊に至らないよう HTVと圧キャリア外壁等には高い破壊靱性値 (部材に存在する初期欠陥が壁面によって進展しないような特性を持つ材料を 壁厚を考慮して選定) を持つ構造部材が使用されていることを、検査にて確認している。</p> <p>ウ 流体適合性に対する考慮 構成材料は 推進系に使用している燃料及び酸化剤への化学的耐性を考慮して選定されたことを検査にて確認している。</p> <p>エ その他の材料特性 宇宙環境と有人活動という特殊な条件の中で 材料劣化を防止するため耐腐食性 耐応力腐食性 耐電食性等を考慮して過去の実績のある材料から選定するか 適切な表面処理をすること等の基準に従って HTV構造材料が選定されていることを検査にて確認している。</p>	<p>イ HTV 4号機はHTV 1号機で検証された主構造設計を引き継いでおり HTV 1号機の設計検証結果が適用できる</p> <p>ウ HTV 4号機に実際に搭載される機器等が HTVの燃料や酸化剤と適合性を考慮して選定されている材料であることを機器の受け入れ検査で確認している</p> <p>エ HTV 4号機で新たに使用される材料等について ISS共通の基準に適合していることを使用材料リストで確認した</p>	<p>HTV 0009 隕石ノデブリとの衝突</p> <p>HTV 000 爆発</p>
6 推進	<p>HTVは自ら推進系を有し 宇宙ステーションに接近 係留 離脱するシステムであることから 推進薬の漏洩 爆発 推進系の予期せぬ作動 停止等が起こらないよう必要な対策を講ずること</p>	<p>推進系はそれぞれ2系統のメインエンジン系統と姿勢制御系統から構成される (1)推進薬の漏洩 爆発</p> <p>ア 推進系の耐圧設計 圧力システムの構成品は 適切な材料の選定 MDP及び安全率の設定 フラクチャコントロール 適切な密着等により推進系機器の耐圧設計を行っている (5 (1)を参照)</p> <p>イ 推進薬の漏洩防止 配管継ぎ手からの推進薬の漏洩を防止するため 実績のある金属ノールが使用されていることを検査及び試験にて確認した また 配管等の束縛により配管に亀裂が生じ 推進薬が漏洩することを防止するために 2系統の姿勢制御系それぞれに独立したヒータを設置し 温度制御されていることを試験で確認した。</p> <p>ウ 推進薬の混合防止 ① 燃料 酸化剤タンク上流での燃料と酸化剤の混合防止 燃料及び酸化剤蒸気が それぞれを蓄積するタンク上流にあるヘリウム加圧ガスシステムで混合し 爆発することを防止するため 遮断弁を2つずつ有していることを検査及び試験にて確認した ② 推進系の過熱防止 連続通電による過熱を防止するため 3系統の異常モニター及びヒータ電力遮断機能を有していることを検査及び試験にて確認した</p> <p>(2)予期せぬ作動 停止の防止 ISSの近傍では HTVは姿勢制御システムを用いて接近する 姿勢制御システムを構成する ハルプ 圧力センサ 温度センサ等の機能部品が故障した場合に 別系統に切り替えて飛行を継続する さらに 切り替わった姿勢制御系が故障した場合には メインエンジン系統に切り替えて緊急離脱を行う これらは ノーユレニオン等を用いた設計解析及び試験で確認した。</p>	<p>6 (1) ア HTV 4号機の圧力システム構成品に対し MDPや安全率等所定の要求が適用され 各構成品がこれを満足していることを受け入れ検査で確認した</p> <p>イ 継手部に適切な金属ノールが使用され 漏洩量が要求を満足していることを検査で確認した また 2系統のヒータが独立し 配管等を温度制御できることを試験で確認した</p> <p>ウ ① 燃料 酸化剤タンク上流における各蒸気の混合防止のため HTV 1号機同様に タンクと上流のノーフアチューブ間に2つの遮断弁が設置されていることを検査で確認した また 遮断弁解放時の混合を防止するための2つの逆止弁が設けられていることについても確認した ② 過加熱防止のための3系統の異常モニター及び電力遮断機能がそれぞれ機能すること検査及び試験で確認した</p> <p>(2) HTV 4号機に搭載する 1次ウェアがそれぞれ所定の機能を提供し左記の異常時対応をサポートできることについて検査や機能試験で確認した また 2故障後の緊急離脱への切り替えが適切に行わ</p>	<p>HTV 0003 推進薬漏洩の考慮</p> <p>HTV 0001 爆発</p> <p>HTV 0008 ISSへの衝突</p>

赤字+下線 HTV 1のフェーズIII検証確認結果内容を反映した箇所 (フェーズIIまでの検証確認結果は黒字)

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 (11/20)

項目	HTV1 に係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果 (宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連 サポートレポート
7 誘導制御	<p>HTVは宇宙ステーションへ接近 係留し物資補給を行つとともに 宇宙ステーションの廃棄品を搭載後 離脱する無人の軌道間輸送機であることから 宇宙ステーションへの衝突が起こらないよう必要な対策を講ずること</p> <p>このため HTVは宇宙ステーションへの接近 離脱において 安全な経路を確保すること</p> <p>また 万一HTVが宇宙ステーションに衝突する恐れが発生した場合には HTVは宇宙ステーションから安全に衝突回避できる機能を有すること</p>	<p>(1)HTVの飛行経路</p> <p>HTVは H II B ロケットによってISS軌道より低 軌道に投入され後にメインエンジンを使用して徐々にその高度を上げながらISSに後方から接近していく HTVが故障してもISSへ衝突しないよう常にISSから少し離れた地点を目標に接近していく 飛行中に異常が発生した場合には 自動的にあるいは常時モニターを行つ地上からの指令により 接近を中断する</p> <p>ISS近傍に到達し段階でHTVの故障によりISSに衝突する可能性が生じた場合 自動であるいはISS搭乗員又は地上要員からのコメントにより HTVの接近を中断するかあるいは安全な位置に移動する</p> <p>HTV軌道解析により飛行経路が、上記の対応が可能であることを確認し、フライト機器の機能については、システムレベルの機能試験により確認し、また地上からの運用についての検証は、11(4)を参照。</p> <p>(2)誘導制御系の冗長設計</p> <p>HTVの誘導制御系は 誘導制御計算機と緊急離脱制御装置で構成されている 誘導制御の基本となる誘導制御計算機は3つのCPUと2つの入出力コントローラで構成されており 3つのCPUが同時 演算を行い 結果を比較しながらHTVの姿勢/位置を制御している 3つのCPUからの出力を入出力コントローラで多数決で比較するため CPUの1台が故障しても飛行は継続できる 3つのCPUの内2台が故障した場合には 緊急離脱を実施する また 入出力コントローラも 1台が故障しても他の1台で処理を継続できる 入出力コントローラが2台とも故障した場合には 緊急離脱制御装置により緊急離脱を実施する</p> <p>誘導制御系は 航法 誘導用 GPS受信機及びヒラノデブセンサ 姿勢制御用に慣性ジャイロセンサ及び地球センサとしてそれぞれ異なる2種類のセンサを2個ずつ(慣性ジャイロセンサのみ3個) 装備することで冗長系を構成している センサ1故障時は 残ったセンサを使用して飛行を続行し 同一種類のセンサが2つ以上故障した場合は 緊急軌道離脱を実施する</p> <p>これら機能は システムレベルの機能試験により確認した。</p> <p>(3)データ通信系の冗長設計</p> <p>HTVは自動制御に加えて ISS搭乗員あるいは地上からコメントを打つことによっても制御できるようにするため 通信を確保することが重要である HTVはISS近傍ではJEM内に設置した近傍域通信システム(PROX)を介してISSとの通信を行つ PROXは2系統構成で 1系統故障時には残りのシステムを用いて飛行を継続し 2系統とも故障した場合は ISSへの接近を取りやめて緊急離脱を行つ ないし 係留あるいは離脱のため ISSロボトアームによる把持あるいは解放操作を行つ直前にPROXが1系統故障した場合は データ中継衛星を介して衛星間通信を確立したのちロボトアームの運用を開始する</p> <p>これらは通信系の電圧ノック試験、通信系の図面解析及び機能試験により確認した。</p>	<p>7</p> <p>(1)</p> <p>HTV4号機が自動自動でISSへの衝突を防止できることについては HTV1号機及びその後のソフトウェアの更新等に対して都度実施したシミュレーションや機能試験等で確認している また 搭乗員や地上からコメントが送れることについては 通信系機器の検査及び機能試験で確認している</p> <p>(2)</p> <p>HTV4号機もHTV1号機と同一の計算機 制御装置及びセンサ等で誘導制御系を構成している HTV4号機のソフトウェアが所定の機能を提供し 冗長切り替え等の対応ができることについて機能試験で確認した</p> <p>(3)</p> <p>搭乗員や地上からコメントが送れることについては 通信系機器の検査及び機能試験で確認している</p>	<p>HTV 0008 ISS への衝突</p>
8 電力	<p>HTVの安全に関わるシステムのエネルギー源は電源であることから 運用期間を通して安全に関わるシステムへ電力が供給できるよつ必要な対策を講ずること</p>	<p>HTVの電源系は 太陽電池 リチウムイオン電池 電力制御ユニット ハンテリ制御ユニット等から構成される 飛行中は50Vの電力を各機器へ供給し 係留中はISSから120Vの電力を受電し各機器へ供給している これらを図面の検査、システム試験にて確認した。</p> <p>飛行中の日照期間では 太陽電池パネルで発生した電力を 電力制御ユニットで制御することにより 各負荷へ供給すると同時に 余剰電力をリチウムイオン電池に蓄積する 飛行中の日陰期間ではリチウムイオン電池に蓄えられた電力を負荷へ供給する</p> <p>係留中に使用されるISSからの120V電源供給ラインは 2系の冗長構成となっている</p>	<p>8</p> <p>HTV4号機の搭載機器に電力分配が適切に実施できることについて 機能試験で確認している</p> <p>太陽電池パネルからの電力分配やハンテリへの充電が適切に行われることについて 電力制御ユニットの機能試験等で確認している ハンテリからの給電機能が適切であることについても機能試験で確認した</p>	<p>HTV 0008 ISS への衝突</p> <p>HTV 0007 爆発</p>

赤字+下線 HTV1のフェーズⅢ検証確認結果内容を反映した箇所 (フェーズⅡまでの検証確認結果は黒字)

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 (12/20)

項目	HTVに係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果 (宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連 サポートレポート
		<p>る。また、保留中にISSから給電が停止した場合、リチウムイオン電池からの電力供給が可能である。これは、電力リソース解析、システム試験における機能試験等により確認した。</p> <p>地絡により電源系が全損しないようにバスを2重化し、過電流保護装置や逆流防止装置を設けることにより、機器への配電が停止することがないようにしている。</p> <p>また、電池からの電力を各機器に配電するハンテリ制御ユニットを冗長化することにより、電池の故障においても配電が停止することがないようにしている。これらを図面の検査、機器の機能試験にて確認した。</p> <p>さらに、配電経路の短絡防止により電池温度の上昇を防止するとともに、逆電圧や過充電の防止のための電圧制御、あるいは電圧容量の耐圧設計により、電池の破裂を防止している。これらを図面の検査、機器または電池等の部品の機能試験にて確認した。</p>	<p>ている。</p> <p>HTV4号機に搭載するハンテリ（一次電池7台）の容量で、安全に関わるシステムへの電力が問題なく供給できることについては、HTV2号機のリソース解析（一次電池台数をHTV1号機の11台から7台に削減を反映）が適用できる。HTV1号機同様2系ある電力バスが所定の機能を提供できることについても機能試験で確認している。</p> <p>ハンテリ単体及び周辺回路のハンテリ保護機能（短絡防止、逆電圧防止、過充電防止やセルの圧力リリーフ等）について、検査及び機能試験で確認している。</p>	
9 安全開発保証	<p>搭乗員の安全に影響を及ぼすシステムについては、安全性並びに安全性を確保するための信頼性、保全性及び品質保証を十分考慮しなければならない。このため、以下のような対策を講じる必要がある。</p> <p>(1) 安全性</p> <p>安全に関わるシステムについては、適切な故障許容（誤操作を含む）を確保すること。</p>	<p>(1) 安全性</p> <p>ハザードがシステム、機器の故障、誤動作や搭乗員の誤操作に起因する場合には、原則としてフォールトトレランス（故障許容）設計がとられている。</p> <p>ア ハザードの被害の度合いとフォールトトレランス数</p> <p>原則として、各ハザードの被害の度合いに応じて次のフォールトトレランス設計とされている。</p> <p>① カタストロフィックハザード</p> <p>2 フォールトトレランス（システム、機器の故障又は誤操作により搭乗員への傷害を引き起こさない設計）</p> <p>② クリティカルハザード</p> <p>1 フォールトトレランス（単一のシステム、機器の故障又は誤操作により搭乗員への傷害を引き起こさない設計）</p> <p>識別されたハザードに対する安全設計の概要、検証の概要を、別添表の安全設計検証の概要列に示す。</p> <p>イ 冗長設計とインヒビット設計</p> <p>フォールトトレランス設計として、次の2つの手法がとられている。</p> <p>ある機能の喪失が事故に至る場合、冗長設計</p> <p>ある機能の意図しない動作が事故に至る場合、インヒビット設計</p>	<p>9</p> <p>(1) 左記のとおりである。</p> <p>説明資料4項による。</p>	ハサ ト全般
	<p>(2) 信頼性</p> <p>ア システムの独立性</p> <p>安全に関わるシステムについては、他のシステムの故障の影響を可能な限り受けなないようにすること。</p> <p>また、冗長系は、可能な限り互いに分離して配置すること。</p>	<p>(2) 信頼性</p> <p>ア システムの独立性</p> <p>推進系、誘導制御系、データ通信系、電源系等の安全に関わるシステムは、1系統が故障した場合でも、他方の1系統のみで安全な運用ができるよう、各系統を冗長設計とし、かつ各要素を独立させ、これらは図面（回路図も含む）により確認し、それぞれ系の機能、独立性、冗長系への切替等については、機能試験により確認し、システムレベルにおいても機能試験を実施し確認した。</p> <p>また、デブリ衝突等の損傷を想定しても2系統が同時に使用不能とならないよう、独立した2系統の主要機器は、冗長機器の配置、リソース経路を分離し、故障の伝搬</p>	<p>(2) ア</p> <p>HTV4号機の安全に関わるシステムは基本的にHTV1号機と同一であり、独立性が維持されている。主要機器の配置やリソース経路についてもHTV1号機から変更はない。</p>	ハサ ト全般

赤字+下線 HTV1のフェーズIII検証確認結果内容を反映した箇所。フェーズIIまでの検証確認結果は黒字。

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 (13/20)

項目	HTVに係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果 (宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連 サポートレポート
	<p>イ 故障検知 安全に関わるシステムの故障は可能な限り自動的に検知され地上要員に通報されるとともに緊急を要するもの等必要なものは搭乗員にも通報されること</p> <p>ウ 自律性の確保 安全に関わるシステムについては地上管制が受けられない場合においても搭乗員の安全を確保すること</p> <p>エ 自動機能に対するオーバーライト 安全に関わるシステムの自動機能については状況に応じて搭乗員及び地上操作によるオーバーライトができること</p>	<p>を防止するよう設計しこれら独立した系統の主要機器は別々の機器に実装されデブ/衝突等の損傷を想定しても2系統が同時に使用できなくならないよう故障の伝搬を防止する冗長機器の配置及びひりノース経路分離がなされていることを図面により確認し。</p> <p>イ 故障検知 搭載する誘導制御計算機は誘導制御計算機自身センサ推進系それぞれの状態を周期的に確認しHTV内の故障を検知して所定の回復手順を自動的に実行することにより必要最良限のHTVシステム及び搭乗員の安全性を維持する機能(故障検知分離(FDIR Fault Detect on Isolation and Recovery機能)を有する設計としFDIR機能については、各系毎に解析試験を実施し問題なく機能することを確認し。</p> <p>①誘導制御系故障の検知 誘導制御計算機は自身の故障をソフトウェア/ハードウェアによる自己故障診断機能CPUと入出力コントローラ間の相互状態監視入出力コントローラとの通信状態監視等により検知し自身の電源を遮断しついで冗長系に立ち上げる</p> <p>②センサ故障の検知 各センサ単体に対する故障検知(大出力変化率異常ゼロ出力一定値故障等)を誘導制御計算機が周期的に実施するさらに誘導制御計算機は同一種類のセンサ同士の比較異なる種類のセンサ同士の比較(例ジャイロセンサと地球センサがそれぞれ出力する姿勢角の比較)予則値と実則値との比較規定値と実測値の比較等を実施することにより故障したセンサを特定する機能を有する</p> <p>③推進系故障の検知 規定の増速度あるいは飛行経路の範囲を逸脱しているかを誘導制御計算機が予則値と実則値との比較規定値と実測値との比較よりチェックし推進系の故障を検知する</p> <p>ウ 自律性の確保 地上との通信が途絶した状態で人災減圧汚染等の緊急事態が発生した場合に軌道上搭乗員が地上に依存することなく安全確保の処置を行う必要がある安全に関わるシステムについては手動操作するもの(ハルブハンチ等)を除き宇宙ステーション本体からのコマンドによっても安全化処置が可能なることを試験により確認し。</p> <p>エ 自動機能に対するオーバーライト 安全に関わるHTVシステムの自動制御機能は軌道上の搭乗員地上要員のいずれでもオーバーライトが可能であり意図せぬオーバーライト防止のためオーバーライトコマンドは搭乗員の独立な2つの動作が設定されていることを機能試験により確認し。</p> <p>なお、不意な操作が事故を引き起こす潜在的な機能に対してインヒビットをオーバーライトする場合には、各インヒビット毎に安全のための必要条件を搭乗員または地上要員が確認しながらインヒビットを解除する手順とすることを確認し。</p>	<p>イ HTV1号機で検証しソフトウェアに対しHTV2号機以降に運用性改善等に係る更新を行っているこれらの更新に対してはそれぞれ影響範囲を明確にし上で再試験等を行いその都度所定のFDIR機能が適切に維持されていることを確認している</p> <p>ウ HTV1号機で検証しソフトウェアに対しHTV2号機以降に運用性改善等に係る更新を行っているこれらの更新に対してはそれぞれ影響範囲を明確にし上で再試験等を行いその都度所定の安全化処置機能が適切に維持されていることを確認している</p> <p>エ HTV1号機で検証しソフトウェアに対しHTV2号機以降に運用性改善等に係る更新を行っているこれらの更新に対してはそれぞれ影響範囲を明確にし上で再試験等を行いその都度所定のオーバーライト機能が適切に維持されていることを確認している</p>	<p>ハサート全般</p> <p>ハサート全般</p> <p>ハサート全般</p>
(3) 保全性	<p>ア 機能中断の防止 安全上連続的に運用する必要のあるシステムは重要な機能の中断なく保全できること</p>	<p>(3) 保全性 保全作業は軌道上交換ユニット(ORU)毎に行われ打上げ前に地上で作業性作業時間を確認するためクルーによる評価も含めて、デモンストレーションを実施し作業の実力性を確認し。それぞれのORU毎に保全に必要な保全時間等のデータについてはORUデータとしてまとめられている</p>	<p>(3) 保全性 HTV2号機以降に追加されたORUはない</p>	<p>ハサート全般</p>

赤字+下線 HTV1のフェーズII検証確認結果内容を反映した箇所 (フェーズIIまでの検証確認結果は黒字)

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 (14/20)

項目	HTVに係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果(宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連 サポートレポート
	<p>イ 危険防止</p> <p>保全作業については、船外活動の最小化、粉塵等の発生を最小化、予体の放出の最小化、最適な防護措置等が行われること</p> <p>また、保全に伴う機器の取付け及び取外しは、安全かつ容易にできること</p>	<p>ア 機能中断の防止</p> <p>HTVは1機当りの運用期間が45日程度であることから、保全作業は考慮されていないが、JEMI搭載されている近傍域通信システム(PROX)は、保全性を考慮してユニット単位で交換可能な設計を採用している</p> <p>PROXは、故障時も機能停止することがないよう冗長構成としている。また、HTVがISSへ接近する前にPROXの健全性を確認する手順を設定し、必要な場合は機器を交換する計画である。万が一HTVがISSへ係留中に1系統に故障が生じた場合でも、他方の1系統で運転を行い、最低限の機能を止めることなく保全作業可能なことを試験により確認している。</p> <p>イ 危険防止</p> <p>HTVの場合、計画された船外活動は必要としない設計としている</p> <p>船内活動による保全作業はPROXと圧機器に対する保全のみであり、以下の対応をとっている</p> <p>① 粉塵等の発生を最小化</p> <p>軌道上での保全計画に、粉塵を発生させるような加工作業を含んでいないことをIVAタスク定義書で確認し、さらに地上での組立・製造中に発生する可能性のある粉塵については、十分に先ず清掃することによって、軌道上での飛散を防いでいる</p> <p>また、与圧部内の浮遊する粉塵等の微粒子については、空気調和装置に取り付けられたフィルタ(HEPAフィルタ)により除去されることを確認し</p> <p>② 予体放出の防止</p> <p>HTVシステムの与圧キャリア内には、予体を含むシステムはなし。また、曝露空間に偽装される推進薬系は保全の必要ない設計とし、JEMI内に搭載されるPROXには、保全時の流体放出防止のため、熱制御系の水配管にはクイックディスコネクタ(QD)が用いられていることを検査で確認し</p> <p>③ 防護措置</p> <p>保全作業時の安全を確保するため、通常露出している箇所のみならず、ハオル内の接触する可能性のある機器に対しても、表面温度、鋭利端部、電撃に対するカバーが設置され、接触の可能性がないことを実機検査により確認し</p> <p>また、ハオル内機器に対して露出表面温度が許容温度を超える箇所については、熱解析結果による電源遮断後の冷却時間が設定されていることを確認し、コネクタ着脱時の感電を防止のため、適切な手順が設定されることを確認し</p> <p>④ 機器取付け及び取外しでの安全</p> <p>PROXの軌道上交換ユニット(ORU)が無重力状態で浮遊することが無いよう、ハントレール、ノートラック、ヘルクロ等を利用して一時的に固定して保管することができ、ことを図面、実機検査、クルーによる評価を実施し確認し</p> <p>保全時の作業については、十分な空間があり、ORUへの電線、ケーブル等が取り外し等のために長さ、配置、問題のないことを、図面、実機確認、デモンストレーションにより確認し</p> <p>コネクタは、識別、着脱操作が容易にでき、誤った挿入ができないうえにスクープブルータイプ(コネクタの先がある角度で他のコネクタのインサートの範囲に入り込んでもコンタクトを曲げることがない構造)のコネクタが使用されており、隣り合わせのコネクタに対し交換嵌合キー/キー溝を持つタイプのコネクタを使用することを、部品リスト、実機検査により確認し</p>		<p>関連 サポートレポート</p> <p>ハサ ト全般</p>

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 (15/20)

項目	HTVに係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果(宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
	<p>(4)品質保証</p> <p>安全に関わるシステムの機能・性能等を確認するため、製造管理及び十分な検証を行うとともに、その記録を保存すること</p> <p>また、HTVの安全確保に必要なデータは、その効率的蓄積・利用を図るために、問題報告・是正処置・予防処置・部材情報・材料・工程情報等についてデータベース化を図ること</p>	<p>(4)品質保証</p> <p>安全の要求を含む機能・性能等を満足していることを確認するため、部品・材料レベル・コンポーネントレベル・サブシステムレベル・システムレベルの各段階において、試験・解析・検査・デモンストレーションにより十分な検証を実施し、各設計段階において審査会等を開催し、各種記録類・解析書・試験データ、評価結果等のエビデンスの確認を通して、検証の妥当性を確認した。</p> <p>また、HTVシステムの構成品が仕様書の要求に合致していることを確認するため、製造会社において製造工程が管理され、製造時に得られたデータを含む製造作業の記録がHTVの運用期間中保存されている。さらにはJAXAでは審査・監査等を行い、製造会社におけるデータ管理等の確認を実施してきた。</p> <p>なお、これらのデータのうち、次の安全確保に必要なデータの効率的な蓄積・利用を図るため、データベース化を目的としてJEM S&PAデータ交換システム(SPAD Eシステム)を構築し、データの入力を行っており、関係者によるデータ検索・閲覧が可能である。</p> <p>JEM問題報告及び是正処置データ(J-PRACA)</p> <p>JEM材料及び工程技術データ(J-MAP T I S)</p> <p>JEM電気・電子・電気機械(EEE)部品データ(J-EP I M S)</p> <p>JEM FMEA クリティカルアイテムリスト(CIL)データ</p> <p>JEMORUデータ</p> <p>JEM L L I L(寿命管理品目リスト)</p> <p>JEM等SAR(ハザードレポート)データ</p>	<p>(4)</p> <p>左記のとおりである</p>	<p>ハザード全般</p>
<p>10ノ間 機械系設計</p>	<p>HTVは、本格的な有人宇宙活動を行う場へ提供するものであり、安全確保を図る上で人的要因を十分考慮しなければならない。このため、以下のよきな対策を講じる必要がある。</p> <p>(1)搭乗員の保護</p> <p>搭乗員が触れる可能性のある部分は、適切な丸みを持たせるとともに、破損しても破片が飛散しないよきにする等、外傷・人傷・感電等が生しないよきにすること</p> <p>また、足部固定具・取っ手等は、荷重に十分耐えられること</p>	<p>(1)搭乗員の保護</p> <p>構体・機器による外傷・人傷・感電等の傷害からHTV内の搭乗員を保護するため、以下の対策が講じられた。</p> <p>ア 外傷の防止</p> <p>①回転機器に対する防護</p> <p>与圧部キャノリア内に使用されているファン等の回転機器は、搭乗員が不意に接触しないよきにハウジングにより覆われていることを、設計図面・製造図面・フライトハートウェアの検査を行い、確実にハウジングにより接触防止がなされていることを確認した。</p> <p>また、ファンの回転部位については、破壊し飛び散ることがないよきに、使用材料の選定・寿命試験により確認、回転数制御されることを機能試験により確認した。</p> <p>②鋭利端部・突起物に対する防護</p> <p>搭乗員が接触する可能性のある与圧内外の構造・装置については、ISS共通の安全要求に従って、角・鋭利端部は丸みを持たせる設計が行われており、設計図面・製造図面に反映され、製造中に発生する可能性のあるバリ等の有無も含めて最終的にフライトハートウェアに対し、目視・触診・Rゲージ等による検査を行い、搭乗員に対する保護を確認した。</p> <p>船外活動については、宇宙服へのダメージを与えないことを検証するため、接触する可能性のある部位全てに対し、目視・綿手袋により触診・よりハートウェア検査とともに、疑わしい箇所に対する宇宙服を模擬した専門の試験片(Sw a t c h P a t h)を振り付けてその損傷を確認する検査を行い、確認した。また、構造上安全確保のために特別対応が必要となる箇所(太陽電池ハトル)につい</p>	<p>10</p> <p>(1) ア ① HTV4号機の空気循環ファンが設計とおりであることを検査で確認している</p> <p>② HTV4号機の機器や構造に要求を逸脱するよきな鋭利部や突起がないことを検査で確認している。また、太陽電池ハトルについてはHTV1号機同様に、カバーの設置あるいは適切な手袋(フライトルール)の適用によって宇宙服へのダメージが防止されることを確認した。</p>	<p>HTV 0011 破片の飛散</p> <p>HTV 0014 鋭利端部/突起物への接触及び巻き込み/挟み込み</p>

赤字+下線 HTV1のフェーズⅢ検証確認結果内容を反映した箇所(フェーズⅡまでの検証確認結果は黒字)

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 (16/20)

項目	HTV1 に係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果 (宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連 ザートレポート
	<p>③ 巻き込み 挟み込みに対する防護 搭乗員が触れる可能性のある機器については 引っかかることのないように ISS 共通の安全要求に従って 穴 すきまに対する設計が行われており 設計図面 製造図面に反映され 最終的にフライトハードウェアに対する検査を行い搭乗員に対する保護を確認した。 また 結合機構等で搭乗員が挟まれる可能性のある部位については ギヤブアウトノーズを設定する等 挟み込みを防止するための対応が手順に盛り込まれることを確認した。</p> <p>イ 人傷の防止 露出部の表面は 人傷や東傷を生じない 温度範囲 (HTVと圧キャリア内にあり連続的な接触のある箇所の温度は4C~45C) であることを熱解析により確認した。 さらには HTVと圧キャリア内壁にあるヒータについてもヒータコントローラにより温度要求内に制御されることを熱解析、機能試験を実施し確認した。 同様に 船外活動についても EVAグローブの実力を考慮し要求が設定されており 機器故障時の最悪時においても温度要求を逸脱することがないことを熱解析により確認した。</p> <p>ウ 感電の防止 電力ラインについては 短絡 接続不良等による漏電を防止するため 電力ノート線 接点 端子 コンデンサ等が露出していないことを実機検査にて確認した。電線ケーブルについては ISSの要求に従って被覆のされている部品を選定していることを部品リスト、実機検査により確認した。また 電気機器の接地が行われていることを確認するために ハードウェアに対して絶縁抵抗試験、ガンディング グランディング抵抗測定を実施した。 電力ラインのコネクタは 搭乗員による着脱時の感電等の防止のため コネクタ上に電流遮断機能をもたせており 軌道上での手順書への遮断手順の反映を図面 解析、機能試験により確認した。コネクタは 上流側にはノケットタイプの使用 スクープブルーフタイプの使用 着脱時にピンが露出しないようにハウジングをもつタイプのコネクタの使用 コネクタの適切な接地を部品リスト 図面、実機確認により確認した。 船外活動による電力コネクタのアクセスについても 熔融金属(Molten Meta)の飛散による宇宙服への損傷を防止する観点から上記目標の設計を実施し 解析 試験、フライトハードウェアの検査により確認した。</p> <p>エ 作業等の安全 搭乗員の移動支援具は ノートトラノクに足部固定具(フットレストレイント) 取っ手(ハンドレール) が取り付けられるようになっていることを図面 実機検査により確認した。また 支援具は 搭乗員による荷重に十分耐えられるように安全率(1.5)を持つことを強度解析による確認した</p> <p>(2) 誤操作等の防止 安全に関わるシステムについては 搭乗員及び地上要員の誤操作及び操作忘れの発生を防止するため 可能な限り自動化すること また HTVの内部装飾 機器の操作手順 視</p>	<p>では、カバーの設置、適切な手順の設定を行うことを確認した。</p> <p>③ HTV4号機位の機器や構造に要求を逸脱するよくなすきの穴や隙間等がないことを検査で確認した。また キーブアウトノーズ設定が必要な場所に丁動機構がないことを検査で確認した</p> <p>イ 熱モデル及び環境条件に変更なしのため HTV4号機はHTV1号機の熱解析が適用可能である 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HTV4号機の機能代替で確認した 曝露ハレノットについてはHTV4号機の仕様として問題となる高温/低温部がないことを解析で確認した</p> <p>ウ HTV4号機の電力ラインについて ISSの基準に適合した部材が選定され 適切な施工によりノート線等の露出がよく 導通 絶縁や電気的接地の確保 帯電防止がなされていることを検査で確認した コネクタについてもHTV1号機同様にISSの基準に適合したものが正しく施工されていることを検査で確認した 船外活動時に搭乗員がアクセスする可能性があるコネクタについても 同様 安全が確保されることを確認した</p> <p>エ HTV4号機の与圧キャリア内に 必要なノートトラノクが設置されていることを検査で確認した</p> <p>(2) HTV4号機特有の搭乗員インタフェースなし なお HTV1号機同様 ハードウェア上の表示等が適切であることについて 搭乗員の確認を受ける計画としている</p>	<p>関連 ザートレポート</p> <p>HTV 0013 接触面温度異状</p> <p>HTV 0019 電気ノイズ</p> <p>HTV 0016 退避不能</p> <p>ハサ ト全般</p>	

赤字+下線 HTV1のフェーズⅢ検証確認結果内容を反映した箇所 (フェーズⅡまでの検証確認結果は黒字)

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 (17/20)

項目	HTVに係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果 (宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連 サートレポート
	<p>野等については 誤操作等の生じ にくいよう十分配慮すること</p>	<p>誤操作の発生を低減するとともに 搭乗員の負担を軽減することにより 誤操作が発生する可能性を小さくするよう 自動化が可能であることを機能試験により確認した。</p>	<p>ア HTV4号機特有の自動化機能はない</p>	
	<p>イ 内部装飾 搭乗員の誤認を避けるため 室内の装飾 銘板 ラベル マーキングに対し 次のような配慮がなされている</p> <p>① HTVの内部装飾全体は 上下左右に方向性を持たせ 搭乗員に適切な視覚的手がかりを与えるような設計となっていることを実機にて確認し、クルーによる評価を実施し確認した。</p> <p>② データ表示 操作手順表示及びマーキングについては 英語又は国際標準ノズルを使用し表記がされていることを図面、実機検査により確認した。</p>	<p>イ 内部装飾 搭乗員の誤認を避けるため 室内の装飾 銘板 ラベル マーキングに対し 次のような配慮がなされている</p> <p>① HTVの内部装飾全体は 上下左右に方向性を持たせ 搭乗員に適切な視覚的手がかりを与えるような設計となっていることを実機にて確認し、クルーによる評価を実施し確認した。</p> <p>② データ表示 操作手順表示及びマーキングについては 英語又は国際標準ノズルを使用し表記がされていることを図面、実機検査により確認した。</p>	<p>イ HTV4号機の内部装飾はHTV1号機と同様である。なお HTV1号機同様 ハートウェア上の表示等が適切であることについて 搭乗員の確認を受ける計画としている</p>	<p>ハサート全般</p>
	<p>ウ 機器の操作手順</p> <p>① ハザードス コマンド (ハサート制御に関連するコマンド) については 搭乗員又は地上要員は安全のための必要条件を満足していることを確認した後 コマンドを発信することを、試験、手順への反映により確認した。特に地上からのハザードス コマンド送出に関しては 地上システム (OCS) において 2 Step アクションの処理を行ったこと OCSデータベースにハザードス コマンドリストが反映されていることを机上確認、OCSでの動作試験 OCSとコンピュータとの組合せ試験により確認した。</p> <p>② 安全上重要なシステム 装置については 独立したインヒビットが設定されていることを、機能試験により確認した。また それぞれのインヒビットの確認については、手順に反映されることを確認した。</p>	<p>ウ 機器の操作手順</p> <p>① ハザードス コマンド (ハサート制御に関連するコマンド) については 搭乗員又は地上要員は安全のための必要条件を満足していることを確認した後 コマンドを発信することを、試験、手順への反映により確認した。特に地上からのハザードス コマンド送出に関しては 地上システム (OCS) において 2 Step アクションの処理を行ったこと OCSデータベースにハザードス コマンドリストが反映されていることを机上確認、OCSでの動作試験 OCSとコンピュータとの組合せ試験により確認した。</p> <p>② 安全上重要なシステム 装置については 独立したインヒビットが設定されていることを、機能試験により確認した。また それぞれのインヒビットの確認については、手順に反映されることを確認した。</p>	<p>ウ 1 ハサータスコマンドについてはHTV1号機同様 所定の手順で管理している 地上システムが適切に機能することについては訓練やシミュレーションも含め日常的に確認している</p> <p>2 インヒビット機能が適切に機能することは機能試験で確認している 手順への反映は所定の手続き (ハサートレポートから運用チームのデータベースに登録され 手順作成時 データベースの照合を受ける) で行われる</p>	<p>ハサート全般</p>
	<p>エ 視野等 搭乗員の作業 操作 表示機器確認に支障がないうよう GLA (General Illumination Assembly) で十分な照度 (特に指定がない限り 白色光で108Lux以上) が確保されていることを、照度解析、図面 実機検査により確認した。</p>	<p>エ 視野等 搭乗員の作業 操作 表示機器確認に支障がないうよう GLA (General Illumination Assembly) で十分な照度 (特に指定がない限り 白色光で108Lux以上) が確保されていることを、照度解析、図面 実機検査により確認した。</p>	<p>エ HTV2号機以降導入した 国産のLED照明 (ついても 従来品と同等の照度が確保できることを検査で確認している HTV4号機では従来品とLEDを半数ずつ搭載予定</p>	<p>ハサート全般</p>
	<p>(3) 共通化 安全に関わるシステムについては 可能な限り国際的に共通化を図ること</p>	<p>(3) 共通化 ISS全体の安全に関わるHTVの構成要素 (ハートウェア ソフトウェア インタフェース) は 原則としてISS構成要素との間で共通化 (全く同一であること) 標準化 (設計標準 設計基準等を適用すること) されていることを確認した。</p> <p>この共通化 標準化には 次の通り 特に直接搭乗員の安全に関わる表示 警告 警報の統一 避難 非常操作 緊急処置等に関わる手順 対応の統一が重点的に含まれている</p> <p>① 警告 警報 共通化 音声端末 警告 警報ハナール ラベル マーキング 標準化 警告 警報のクラス分け</p> <p>② 人災検知/消人システム 共通化 煙センサ 丁機で消火器</p> <p>③ その他 共通化 ハンチ ハントレール 足部固定具 取っ手 等々 標準化 配管 配線等識別用 ノール 銘版 等々</p>	<p>(3) 左記のとおりである</p>	<p>HTV 0001 入 HTV 0016 退避可能</p>

赤字+下線 HTV1のフェーズIII検証確認結果内容を反映した箇所 (フェーズIIまでの検証確認結果は黒字)

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 (19/20)

項目	HTVに係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果 (宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連 サートレポート
	<p>(2) アクセス 非常設備 防護具 安全上重要な手順書等は緊急時においても 搭乗員が容易に取り出して使用できるように保管すること また 通路は 搭乗員が安全かつ速やかに脱出 避難できること</p> <p>(3) 減圧及び再加圧 人員 汚染等の異常が発生した場合に 与圧部内の空気を排出するため 減圧及び再加圧ができること また 再加圧後に搭乗員が与圧部内に入る前に 安全の確認ができること</p>	<p>HTV1号機の適合性確認結果 (宇宙開発委員会にて妥当性評価済み) である。NASA安全審査で審議されることになっている (宇宙開発委員会報告後に審議を完了し)。 (b) HTVと船内と船外の間のノール部は2重とし 船外排気用の排気弁には警告しない開放を防止するため2つのインヒビットを設け 2重ノールを用いていることを検査し 排気弁のインヒビットは試験にて確認し 万一 万が一漏れしとしても 搭乗員が退避する時間が確保できることを解析にて確認し。</p> <p>ウ 汚染 HTVと圧キャリア内の二酸化炭素 酸素分圧の異常値をISSが検知した場合に は ISS内へ警告 警報が発せられる (a) ISS文書で HTVのキャビン内の空気は カスサンプルラインを通しISS本体の環境監視装置 (ARS A Re tail t on Syste m) に送られ分析 監視され 汚染物質 二酸化炭素 酸素分圧の異常等が検知された場合には ISS内に警告 警報が発せられる」ことを確認し なお、本件 の検証責任はNASA側あり その検証結果はJAXAも審査メンバである。 NASA安全審査で審議されることになっている (宇宙開発委員会報告後に審議を完了し)。</p> <p>(2) アクセス ア 非常設備 防護具 ISSに 帰留後 非常設備として丁搬式消火器が 防護具として丁搬式呼吸器がそれぞれ1ずつISS側より移設されることが手順書に記述されていることを確認し。また これらを設置する場所がHTVと圧キャリアの入り口付近に準備されていることを検査にて確認し。 これらの設置場所は 容易に識別できるように表示されている なお HTVの、 ノンヨンを終了した後 離脱前にこれらの丁搬式消火器及び丁搬式呼吸器をISS側へ返却する</p> <p>イ 安全上重要な手順書 軌道上で必要となる安全上重要な手順書は 軌道上で搭乗員がアクセスできるよ 電子ファイル媒体及び文書として保管 掲示されることになっており、特にタイムクリティカルな手順書については、決められた場所に置くことになっていることを確認し。なお、最終的な手順書は打上げ3ヶ月から1ヶ月前までの間に準備される。</p> <p>ウ 通路 (a) 搭乗員の移動及び作業を容易にするため 通路(ハンドレール フットレストレイント等)がISSの要求に従い設置されていることを確認し IVAトランスレーンオン解析で確認し また ラックの転倒 移動時でも 直径81cm以上の通路が確保される構成となっている (b) 電源喪失時のHTVと圧キャリア内の照明喪失 備えて 退避のためのハンチ開口部が容易に識別できるように蓄光テープがハンチの上下に設置されていること 及びラックの転倒 移動時の作業領域の空間確保が ISSの要求通りであることを、確認し及び視認性デモンストレーションで確認し</p> <p>(3) 減圧及び再加圧 HTVに大気 汚染等の異常が発生した場合に ハンチ等を閉鎖して ISS本体から隔離した後 HTVと圧キャリア空気を排気弁により宇宙空間に排出して減圧し 続いて均圧弁を開くことにより ISS本体のキャビン空気を取り込んで再加圧できるよ 設計されている また HTVの起動 再起動の際には 搭乗員がHTV内に移乗する前に ISS</p>	<p>ウ 汚染に対するISS全体の対応は 警報も含めて既にルールが確立している</p> <p>2) ア 丁搬式消火器および丁搬式呼吸器の設置手順は 確立しており 当該手順はHTV4号機にも適用する予定である</p> <p>イ 安全上重要な手順は既に作成済みであり 訓練やノンユレノンで用いられている</p> <p>ウ a) キャビン空間のサイズはHTV4号機も門してあり 軌道上で積み荷開梱手順や廃棄物の搭載手順は通路が確保されることを考慮して設定済みである b) 蓄光テープの貼り付けられ ことについて検査で確認し</p> <p>(3) HTV4号機が減圧及び再加圧の機能を適切に提供できることについては ハンドリリーフハルブの機能試験で確認している なお 減圧や再加圧に要する時間等についてはHTV1号機で実施し 解析がそのまま有効である</p>	<p>HTV 0002 大気汚染</p> <p>HTV 0001 人災</p> <p>ハサート全般</p> <p>HTV 0016 退避不能</p> <p>ハサート全般</p>

赤字+下線 HTV1のフェースIII検証確認結果内容を反映し箇所 フェースIIまでの検証確認結果は黒字)

付表-1 「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HTV4の適合性確認結果 (20/20)

項目	HTV1に係る安全対策の評価のための基本指針	HTV1号機の適合性確認結果(宇宙開発委員会にて妥当性評価済み)	HTV4号機の適合性確認結果	関連 サートレポート
		<p>本体側から与圧環境の安全の確保に必要な最小限の機能を立ち上げることが出来るシステム構成となっている</p> <p>(a)減圧 モジュール隔離状態で 船外排気開始から10分以内に与圧部の酸素分圧が69Kpaまで減圧できること及びモジュール隔離状態で船外排気開始から24時間以内 与圧部を通常運用開始から28Kpaまで減圧できることを解析(排気弁単体性能がモジュールの容積に対して妥当であること)及び試験(排気弁単体性能の確認)で確認した。</p> <p>(b)再加圧 モジュール間均圧機能を有している均圧弁操作で 再加圧性能は可能であることを均圧 再加圧性能解析で確認した。</p> <p>(c)起動 再起動 搭乗員がHTV内へ移乗する前に ISS本体側から与圧環境の安全の確保に必要な最小限の機能(電力供給系 空気調和装置 モジュール間通風換気 人災検知系等)を立ち上げることが出来るシステム構成であることをシステム試験にて確認した。また 初期起動後 搭乗員の入室前に内部環境の安全化確認のため 与圧部内キャビン圧力モニタ及びカスサンプリングの機能を有していることを構造図で確認した。</p>		
12 安全確保体制	<p>HTVの安全確保に関わる活動については 開発及び運用の担当部門から独立した部門においても行うこと</p> <p>また 安全上のあらゆる問題について 開発及び運用の責任者まで報告される体制を確立すること</p> <p>さらに HTVの開発及び運用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>安全 開発保証活動のための体制については HTVの開発 運用の担当であるHTVプロジェクトチーム等から独立した安全 モニタリング保証部門である「有人システム安全 モニタリング保証室」において 方針 要求事項の設定 その履行状況の評価 必要な勧告が行われている</p> <p>また 安全上の問題については 開発 運用の責任者まで報告される体制が確立されている</p> <p>さらに JAXAにおいて HTVの開発 運用に携わる者への安全教育 訓練が実施されるとともに 安全確保に係る事項の周知徹底が図られている</p>	12 左記のとおりである	1サ T全般