

宇宙ステーション補給機「こうのとり」5号機(HTV5)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27年6月9日

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 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 上森 規光

HTV: H-II Transfer Vehicle







- 1. 概要
- 2. HTVに対する安全性確認結果の概要
- 3. HTVの安全検証結果の確認方法
- 4. HTV5号機の安全設計・検証結果
- 4.1 HTVに係るハザード及び対象フェーズ識別一覧
- 4.2 「きぼう」と同様なハザード制御の検証結果
- 4.3 HTVに特有なハザード制御の検証結果
- 5. HTV4号機ミッションからの反映/変更事項への対応
- 6. 運用への準備等
- 7. 結論
- 付図-1 HTVハザードFTA
- 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HTV5の適合性確認結果





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、 HTV5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 12月11日、5月12日 【結論】JAXAとしてHTV5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)
 - ▶ NASA 安全審査パネル 1月28-30日、6月4日 【結論】ISS全体の安全認証に責任を有する立場からNASAは、HTV5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 5月15日 【結論】JAXA経営レベルとしてHTV5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。
 - > 安全性確認の考え方、手法、プロセス
 - ▶ 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~HTV4号機まで】

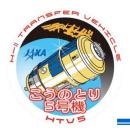
以下のステップで安全性を確認した。それぞれの確認結果については、宇宙開発委員会 (HTV3号機まで、平成24年7月に廃止)及び調査・安全小員会(HTV4号機)にて審議頂いた。

- (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。HTVのFTA概要をそれぞれ付図-1に示す。
- (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。結果を4.1項に示す。
- (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及びHTV4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。

【HTV5号機】

調査・安全小員会にて以下をご確認頂く。

- ✓ HTV5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の定める要件を逸脱しない。
- ✓ HTV4号機までの運用実績等を踏まえ、HTV5号機に反映すべき対策等が適切に取り込まれている。





3. HTVの安全検証結果の確認方法

HTV1号機における安全性確認の結果を踏まえて、HTV2号機以降のハザード制御及び検証については以下のような考え方で審査している。

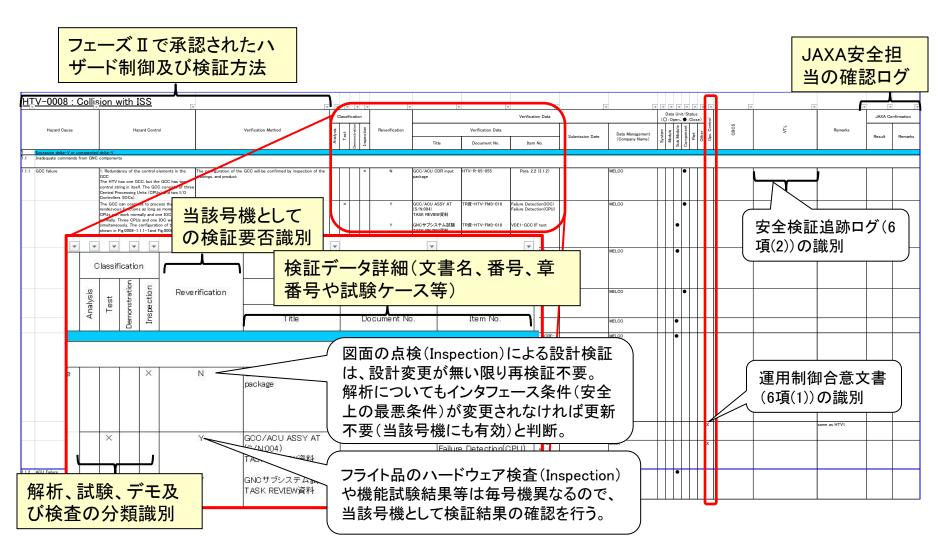
- ・設計や解析条件に変更がなく、後続号機にそのまま適用できる検証 結果については後続号機の検証としても有効と判断。
- ・設計変更、あるいは号機固有の設計がある場合には、従来機との差異がシステム全体のハザード制御に及ぼす影響を評価し、評価結果に応じてハザード原因の見直しや追加を行う。
- · 号機固有の事項を含め、当該号機として検証が必要な項目については、全て識別し網羅的な検証結果確認を行う。
- ・ HTV5号機で打ち上げる日本の提供物資については、それぞれ所定 のプロセスで安全審査を実施した上でHTV5号機に搭載している。

実際に検証結果確認に用いているフォームを次ページに示す。



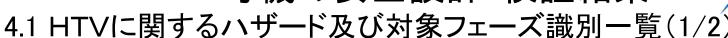


3. HTVの安全検証結果の確認方法





4. HTV5号機の安全設計・検証結果



			HTV	
	ハザード [基本指針項番]	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)]		〇 ^{4.2項①}	
減圧	減圧 [4.(1)ウ、11.(1)イ]		〇 ^{4.2項②}	
	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)]		●4.3項(1)	
┃汚染 ┃	船内空気汚染 [4.(2)イ、5.(2)ア]		〇 ^{4.2項③}	
	ガラス破片飛散による搭乗員の傷害 [10.(1)]		〇 ^{4.2項④}	
	HTVのISSへの衝突 [6、7、8、10. (4)]	●4.3項(2)		●4.3項(2)
┃ ┃ 衝突	浮遊物のISSへの衝突 [4. (3)]		〇 ^{4.2項⑤}	
国大 	隕石/デブリの衝突(注1) [4.(1)ア、5.(2)イ]		〇 ^{4.2項⑥}	
	回転体の搭乗員への衝突 [10. (1)]		〇 ^{4.2項⑦}	
超 ※	推進薬システムの爆発 [5.(1)、5.(2)ウ、6.(1)]	●4.3項(3)	●4.3項(3)	●4.3項(3)
爆発	電池セルの破裂 [8]	●4.3項(4)	●4.3項(4)	●4.3項(4)

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



4. HTV5号機の安全設計・検証結果

4.1 HTVに関するハザード及び対象フェーズ識別一覧(2/2)

			HTV			
	ハザード [基本指針項番]	近傍運用フェーズ	係留 フェーズ	離脱 フェーズ		
+ 生、生、た・・	軌道上荷重による構造破壊 [4.(2)ア、5.(1)]		〇4.2項⑧			
┃構造破壊 ┃	過加圧による構造破壊 [5. (1)]	〇 ^{4.2項⑧}	〇4.2項⑧	〇4.2項⑧		
	感電 [10. (1)ウ]		〇4.2項⑨			
電気・電磁	電波放射による搭乗員の傷害、機器故障 [4.(2)イ]		〇 ^{4.2項⑪}			
	電磁干渉 [4. (2)イ]	〇 ^{4.2項⑪}	〇 ^{4.2項①}	〇4.2項①		
	船内活動搭乗員の緊急時退避不能 [10.(1)エ、10.(3)、1 1.(2)ウ]		〇 ^{4.2項①}			
人間工学	高温表面への接触 [4. (1)ウ、10. (1)イ]		〇 ^{4.2項③}			
	鋭利端部への接触 [10. (1)ア]		〇 ^{4.2項個}			
	挟み込み [10. (1)ア]		〇4.2項⑤			
	騒音 [4. (2)イ]		〇4.2項億			
ソフトウエア	ソフトウエアの故障 [9. (2)、10. (2)ア、10. (2)ウ]	〇 ^{4.2項⑪}	〇 ^{4.2項①}	〇 ^{4.2項①}		

- ○:「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





- 「きぼう」と同様な制御方法により対応した事項を以下に示す。いずれも検証作業が適切に行われた ことを確認した。

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)	HTV5号機の対応及び検証結果	指針の対応 項目
火災	I (カタス トロフィ ック)	① 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】 • 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解析や試験で確認した。	HTV5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(熱解析含む)についてはHTV1から変更なし。温度モニタや遮断機能に係るHTV5号機のハードウェアが健全であることを試験で検証した。	5. (2) 10. (3) 11. (1) 11(2)
減圧	I (カタス トロフィ ック)	②HTV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。	【 2故障許容設計】 ・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。それぞれ検査や試験で確認した。 ・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。	 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、HTV5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確認した。 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、HTV5号機として検証は不要。 	4. (1)ウ 11. (1)イ
汚染(推進 薬による汚 染を除く) ・船内汚染 ・ガラス・他	II (クリテ ィカル)	③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】 ・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、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。	 HTV5号機で更新された使用材料リスト (MIUL)を再確認し、<u>追加された材料がオフガス発生量の要求を満足することを確認した</u>。 打上げ前の形態で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した。 	4. (2)イ 5. (2)ア
		④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 <u>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</u> 。	・船内で使用する照明装置が<u>設計どおり(封入対応)であることを受け入れ検査で確認した。</u>・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、HTV5号機として検証は不要。	10. (1)



4. HTV5号機の安全設計・検証結果



4.2「きぼう」と同様なハザード制御の検証結果

7512		「球な前144万 広を用い	、ての有効性を快証しに事場	(J Je)	
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)	HTV5号機の対応及び検証結果	指針の対 応項目
衝突(HTVの ISSへの衝突 を除く) ・浮遊 ・デブリ ・回転体	I (カタスト ロフィッ ク)	⑤HTV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。	【 2故障許容設計】 • 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。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。	 HTV5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2番) 曝露ペイロード回収機構(HEFU)が適切にペイロードを把持できることを確認した。(5項(2)番) 	4. (3)
		⑥隕石・スペースデブリがHT V与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。	【リスク最小化設計】 ・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。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。 ・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、手順書(フライトルール)にて確認した。 ・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手順書(フライトルール)にて確認した。。	 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で確認した。 直径10cm以上のデブリを回避する運用については、フライトルールに基づき適切に実施されており、HTV5号機固有の事項はない。なお、衝突リスクに応じて回避行動以外に搭乗員の(帰還機への)避難対応も追加されている。 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、HTV5号機固有の事項はない。 	4. (1)7 5. (2)1
		⑦HTV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 <u>を検査にて確</u> <u>認した</u> 。	• HTV5号機で使用する <u>フライトハードウェアが設計とおりであることを検査で確認した</u> 。	10. (1)





			しい自然圧と反応した子子		•
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)	HTV5号機の対応及び検証結果	指針の対応 項目
構造破壊 - 軌道上荷重 - 過加圧	I (カタスト ロフィッ ク)	⑧軌道上荷重(リブーストに よる荷重、圧力荷重等)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。	「リスク最小化設計】 ・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。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。 ・運用中の最大荷重またはH-IIBとの共振を防止するため、規定の剛性・強度を持つよう設計し、PFMモデルを用いた静荷重試験で確認した。 ・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、最悪条件で証した。	 ・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、HTV5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。 ・曝露パレットについてはHTV5号機固有の搭載構造や形態を踏まえ、構造解析(解析検証の不確定係立いることを確認した。(5項(1)番) ・HTV5号機で更新された使用材料リスト(MIUL)を再確認し、HTV5号機で更新された使用材料リスト(MIUL)を再確認し、HTV5号機で更新されたがある適切な構造材料に係るが表した。なお、構造材料に係る材料使用合意書(MUA)の更新はない。 ・許容圧力に係る解析についてはHTV5号機を用いた試験等で確認した。なお、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. (2)ア 5. (1)





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)	HTV5号機の対応及び検証結果	指針の対応 項目
感電·電磁放射 ・感電 ・電波放射	I (カタスト ロフィッ ク)	⑨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 <u>検査で確認した</u> 。	 HTV5号機の機器等が<u>適切に接</u> 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3番) 	10. (1)ウ
•EMI		⑩HTV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。	【リスク最小化設計】 ・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 <u>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。</u> ・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。	 HTV5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受け入れ試験で確認し、 HTV1号機で設定したキープアウトゾーンがHTV5号機に対しても有効であることを確認した。。 	4. (2)ウ
		⑪ISS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。	【リスク最小化設計】 ・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。	 ・曝露パレットを除きEMCに影響する設計に変更はない。 ・曝露パレットについてはHTV5号機の仕様として電磁干渉の問題がないことを解析で確認した。 ・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。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3番) 	





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)	HTV5号機の対応及び検証結果	指針の対 応項目			
不学員利物、 ・退端音) ・退がいる ・退がいる ・退がいる ・退がいる ・退がいる ・退がいる ・退がいる ・退がいる ・退がいる ・退がいる ・退がいる ・退がいる ・退がいる ・退がいる ・退がいる ・退がいる ・退がいる ・でいる。	I (カタスト ロフィッ ク)	①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。	【リスク最小化設計】 ・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。	 船内のレイアウト(キャビン空間) についてはHTV1同様でありHTV5 号機としての確認事項はない。 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。 ファンの騒音が十分小さいことを試験で確認した。 	10. (1)エ 10. (3) 11. (2)ウ			
					()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。 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。	【リスク最小化設計】 • 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。	 フライトハードウェアに<u>鋭利な部位</u> 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が設定され ていることを手順書で確認した。 	10. (1)ア
		⑤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。 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。	【リスク最小化設計】 ・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、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。	 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。 曝露ペイロード回収機構(HEFU) について、搭乗員の指が挟み込まれないよう運用上の対策を設定した。(5項(2)番) 				





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)	HTV5号機の対応及び検証結果	指針の対応 項目	
不適切な人間 工学設計(高温 /低温部への接 触)		⑥船内の過度の騒音により、搭乗員の難聴に至る。	【リスク最小化設計】 ・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。	HTV5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。 で確認した。	4. (2)ウ	
▪爲温	II (クリティ カル)	③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、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。	 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。 曝露パレットについてはHTV5 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。 	4. (1)ウ 10. (1)イ	
ソフトウェア	I (カタスト ロフィッ ク)	①飛行管制、分離機構等のHTVの安全上重要なソフトウエ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。	【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。 ・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。 ソフトウェアの検証として以下を実施した。 ・ソースコードの審査 ・ソフトウエア単体試験 ・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	 ソフトウェアの更新部(影響範囲)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 ソフトウエア単体試験 シミュレータ試験 フライトハードウェア搭載後のシステム試験 	9. (2) 10. (2)ア 10. (2)ウ	





(1) 推進薬の船外クルーへの付着による船内の汚染

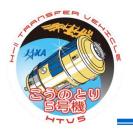
ハザード タイトル	被害の度合い	ハザード内容	HTV1号機の対応 (検証については下線を付す)	HTV5号機の対応及び検証結果	指針の対応 項目
推進薬の船外クルーへの付着による船内の汚染	I (カタスト ロフィッ ク)	HTVの推進薬燃料(モノメチルヒドラジン: MMH)、酸化剤(四酸化二窒素: NTO)共に人体には有害であるため、宇宙飛行士の推進薬への接触は、推進系を有するHTV固有のハザードとなる。即ち、HTVから大量に推進薬が漏洩した場合、一部が宇宙服に付着し、船内に持ち込まれる可能性がある。	【 2故障許容設計】 a. 前方スラスタ設置近辺は船外活動が想定されるため、バルブを3重に設置し、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。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。 b. 船外活動中に不意のスラスタ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。	a. HTV5号機も同様の設計となっており、スラスタ弁が漏えいしても上流の変所弁を閉じることでが可能をある。なお、HTV2号機まである。なお、HTV2号機まで上流の変所が活動時に無条件で上が3号機で上でが要がまる。また、HTV4号機でも変更ながある。なお、HTV4号機で上でから動作ののは、HTV4号機でものができまた。をできるでは、HTV4号性ののは、HTV4号性ののは、大力がででである。をできるでは、中では、中では、中では、中では、中では、中では、中では、中では、中では、中	4. (3) 6. (1)





(2) HTVのISSへの衝突 (1/4)

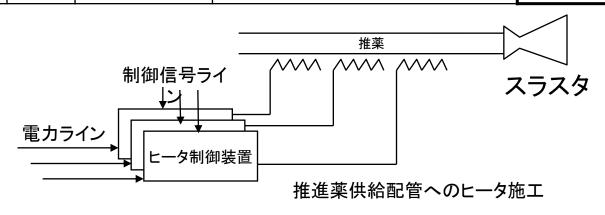
(2) 11	1 4 02100		77		
ハザード タイトル	被害の 度合い	ハザード内容	HTV1号機の対応 (検証については下線を付す)	HTV5号機の対応及び検証結果	指針の対 応項目
HTVのIS Sへの衝突	I (カタスト ロフィッ ク)	誘導制御系の故障 によりHTVが正しく 制御できなくなりIS Sに衝突してしまう。	【 2故障許容設計】 a. 誘導制御計算機は3つのCPUを有し、それぞれが同時に入出力コントローラに計算結果を出力し、入出力コントローラが3つのCPUからの出力を多数決で比較する設計とした。このため、CPUの1台が故障しても飛行を継続できる。また、入出力コントローラは2系あり、1台が故障しても、他系が処置を行える設計とした。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検証を実施した。 b. 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。	a. HTV5号機のフライトハードウェアが <u>所定の</u> 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 <u>認した。</u> b. HTV5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、 <u>自動で緊急離脱系へ切り替わることを試験で</u> 確認した。	7 10. (4)
		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。	【 2故障許容設計】 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。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。 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 <u>試験で検証した</u> 。	a. 誘導制御に使用されるセンサの構成について、HTV1号機から変更はない。HTV5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。 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はない。 c.HTVがISS近傍で使用するレーザリフレクタの配置が一部変更されることに伴い、一部ロジックを変更することで問題なく捕捉できることを解析で確認した。(5項(3)番)今後、射場で実機センサを用いて最終的な機能確認を行う。(6項5番)	7 10. (4)





(2) HTVのISSへの衝突 (2/4)

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)	HTV5号機の対応及び検証結果	指針の対応 項目
HTVのIS Sへの衝突	1		【 2故障許容設計】 a. 姿勢制御系統を構成するバルブ・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. 推進系のバルブ・圧力、温度センサ等の故障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はない。 b. HTV5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確認した。	6. (2) 10. (4)
		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】 姿勢制御系統、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</u> 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。	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 <u>ヒータ</u> 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した。	6

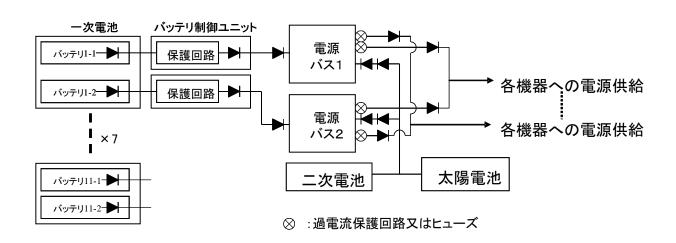






(2) HTVのISSへの衝突 (3/4)

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)	HTV5号機の対応及び検証結果	指針の対応 項目
HTVのIS Sへの衝突	I (カタスト ロフィッ ク)	電源系の異常によりH TVが機能喪失してIS S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、実際の運用で一次電池がほとんど消費されなかった(太陽電池と二次電池だけでほとんど消表た)ため、運用実績を踏まえてHTV2号機からマージンを見直した。この結果、一次電池の台数はHTV2号機から7台に変更され、HTV5号機でも7台搭載している。HTV5号機に搭載されるバッテリ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。なお、打上げ前にバッテリ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)	8







(2) HTVのISSへの衝突 (4/4)

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)	HTV5号機の対応及び検証結果	指針の対応 項目		
HTVのIS Sへの衝突	I (カタスト ロフィッ ク)	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、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。	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近傍でHTVが衝突回避マヌーバを実 行した場合のISSモジュール等に当たるプ ルームの影響を小さくするため、衝突回避 マヌーバ時のメインエンジン推力を削減し た。削減後の推力でも問題なく衝突回避で きることを確認した。	7. (3)		
		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系統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。	HTV5号機に搭載する <u>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。</u>	7. (3)		





(3) 推進系システムの爆発

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)	HTV5号機の対応及び検証結果	指針の対応 項目
推進薬システムの爆発	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。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。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。	推進系システムの設計について変更はない。HTV5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。	5. (1) 5. (2)ウ 6. (1)
		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、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。	HTV5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所定の機能を有することについて機能試験で確認した。また、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も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ー機能最終確認を射場で実施し健全性を確認した。	5. (1) 5. (2)ウ 6. (1)





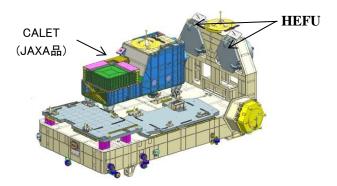
(4) 電池セルの破裂

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)	HTV5号機の対応及び検証結果	指針の対応 項目
電池セルの破裂	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制御ユニットの <u>保護</u> 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。	8
		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。	8
		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 フができずに破 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 <u>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。</u> また、万が一の内圧上昇時に圧カリリーフを行うための <u>ラプチャ(破断)機構が適切に機能することを</u> 実証試験で確認した。	HTV5号機に搭載される電池セルが <u>要求</u> 仕様に適合していることを製品検査で確 認した。また、電池セルにHTV1号機と同 一仕様のラプチャ(破断)機構があること も製品検査で確認した。	8

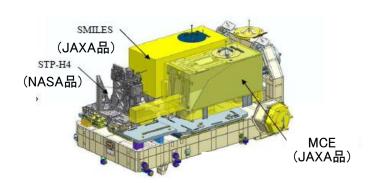




- (1) HTV5号機固有の曝露パレット搭載品によるハザード制御の影響評価 以下の搭載形態を考慮して打上げ・軌道上荷重に構造が十分な耐性を有することを確認した。
- ・ HTV5号機の曝露パレットでは、当初JAXAのペイロード1体とNASAのペイロード1体を打上げる予定であった。しかし、予定していたNASAペイロードの不具合により、NASAペイロードの打上げがキャンセルされたため、打ち上げ時はCALET1体のみを搭載する。
- ・ HTV5号機では初めて廃棄ペイロードを回収するため、JAXAペイロード回収用に曝露ペイロード回収機構(HEFU)を2式設置した。NASAのペイロードはNASAが開発した機構(FRAM)に取り付けられ、HEFUは使用しない。
 - ✓ ポート共有実験装置(MCE) [JAXA品]
 - ✓ 超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(SMILES) [JAXA品]
 - ✓ STP-H4 [NASA品]



曝露パレット往路形態



<u>曝露パレット復路形態</u>



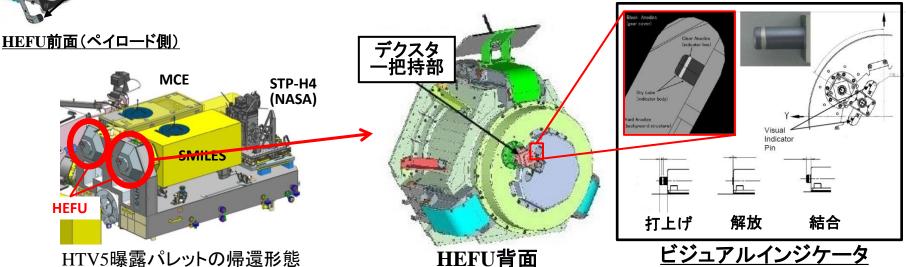


(2)曝露ペイロード回収機構(HEFU)に関連したハザード制御(1/2)

軌道上でミッションを完了した曝露ペイロードを回収/廃棄するため、HTV5号機には曝露ペイロード回収機構(HEFU)を設置する。HEFUは「きぼう」船外実験プラットフォームにある装置交換機構(EFU)の構造・機構設計を踏襲しつつ、電装品を削減するためISSの特殊目的ロボットアーム(デクスター)の駆動力を用いて動かせるよう設計を見直している。



船外実験プラットフォームの機構が結合確認にリミットスイッチを用いるのに対して、HEFUではビジュアルインジケータ(冗長性あり)を用い、またロボットアームのツール回転数でも結合判断ができる仕様としている。いずれも誤認による誤放出が発生しないよう、結合状態が適切に確認できることを試験や解析で検証した。





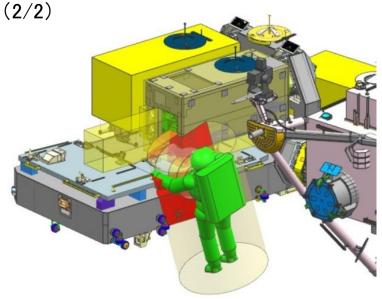


(2)曝露ペイロード回収機構(HEFU)に関連したハザード制御(2/2)

ISSのロボットアームに異常が発生しHEFUを駆動できなくなった場合や、HEFUがペイロードを結合途中に故障してしまったような場合には、船外活動(EVA)でバックアップ運用やペイロードの固定を行う必要がある。

このため、それらの運用が確実にEVAで実施できることの評価や作業の安全性について、以下のような項目を含めて評価・検証を実施した。

- ✓ 搭乗員がハードウェアに与える荷重等によってハードウェアが破損しないこと(4.2項®)関連)
- ✓ シャープエッジや挟み込み等、搭乗員が危険にされされるようなハザード源が適切に除去あるいは運用手順上考慮されていること(4.2項値、⑤関連)

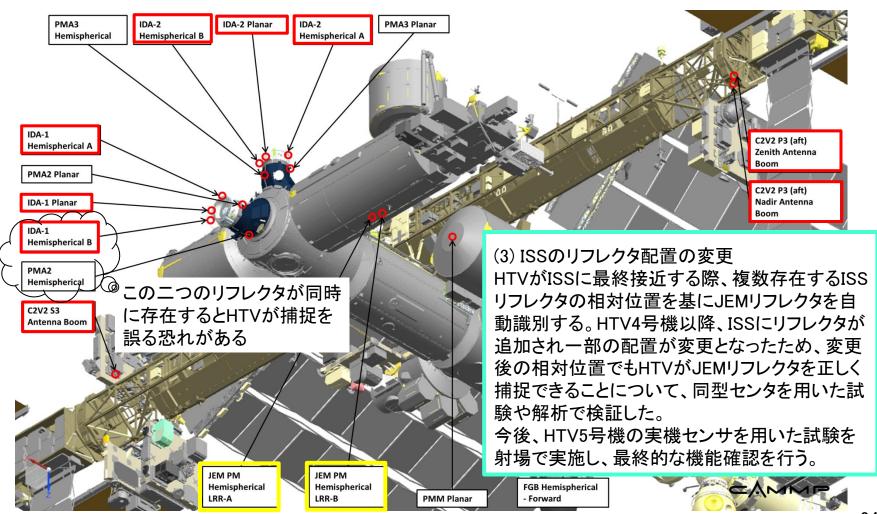


EVAの作業性評価解析





HTV5打上げ前に新規で追加されるリフレクタ







その他のHTV4号機からの変更事項

No	主な変更内容	打上げ/軌道上安全評価への主な影響				
全般						
	太陽電池パネルの削減	影響なし。(発電量が十分あるため余剰分を削減)				
	(HTV4: 27枚→HTV5: 21枚)					
与圧	与圧キャリア関連					
	与圧部後方ドーム部に、カーゴ搭載構造(HRR-	打上げ/軌道上荷重への耐えられることや、シャープエッ				
	Type D)及び与圧部側アタッチメント構造を追加。	ジ等機械的ハザード源がないことを確認した。				
	NASAの水バックの漏洩対策追加	HTV4号機で搭載した水バッグから若干の漏洩があった				
		ため、密封性のある封入シートでの梱包を追加した。				
電気	モジュール関連					
	アボート時のΔV値低減(ISS近傍でのメインエン	ISSへの衝突回避評価を見直し、アボート時の推力を低				
	ジンでのアボート時のプルーム影響を緩和)	減しても問題なくISSへの衝突を回避できることを確認し				
		<i>t</i> =。				
推進	推進モジュール関連					
	表面電位やデブリ観測等を行う宇宙環境観測装	打上げ/軌道上荷重への耐えられることや、シャープエッ				
	置(KASPER)を設置	ジ等機械的ハザード源がないことを確認した。				
	国産メインスラスタ/姿勢制御スラスタの採用	HTV3号機と同様のハザード制御/検証を適用した。				
	(HTV3同様)					





6. 運用への準備等(1/2)

(1) 運用制御合意文書の運用への反映

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、HTV5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)を用いる場合には、運用制御合意文書にその制御手段を記載して管理する。
 - 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)に整理した。HTV5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HTV5号機の安全検証追跡ログ(確認済みの項目は除く)

	検証項目	内容	参考
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。 ・推進系ラッチバルブが正常に動作すること。 ・継手部にリークがないこと。	4.3(1) 4.3(1)
2	最終コンフィギュ レーション確認	ラックやクルー支援具の搭載状況の確認等、最終的な組立状態の確認を射場で行う。	4.2⑤
3	打上前機能確認	システムレベルの最終的な機能確認を射場で行う。	4.2 <u>9</u> 4.2 <u>1</u> 1
4	その他、最終コンフィギュレーション設定に係る確認事項	HTV5号機打ち上げ前の最終コンフィギュレーション設定が適切であることを確認するため、以下の事項を射場で確認する。 ・打ち上げ形態で圧力リリーフ機能が適切に動作すること。 ・バッテリの充電が適切に行われたこと。	4.2 <u>8</u> 4.3(2)
5	ランデブセンサ機 能確認	ISSのリフレクタ配置が変更された後でもJEMのリフレクタが正しく捕捉されることについて、実機のセンサを用いた試験で最終的な機能確認を行う。	4.3(2)







JAXAは、HTV5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、所定の安全対策が安全指針に合致したことを確認した。



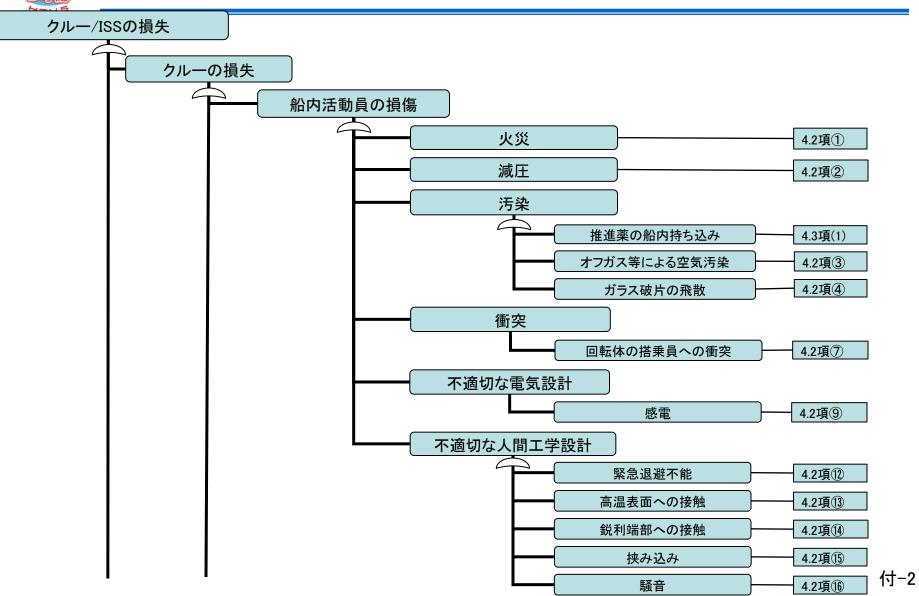


付図-1 HTVハザードFTA

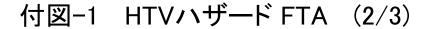


付図-1 HTVハザード FTA (1/3)

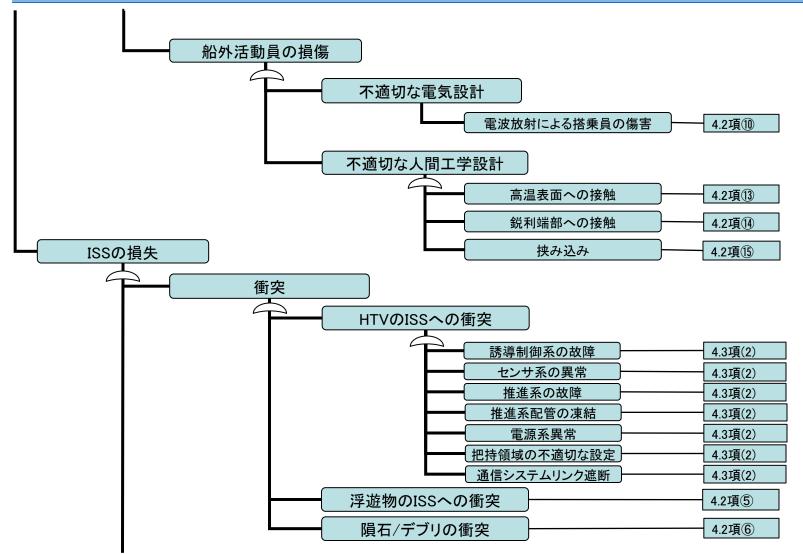




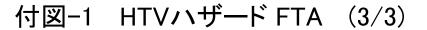




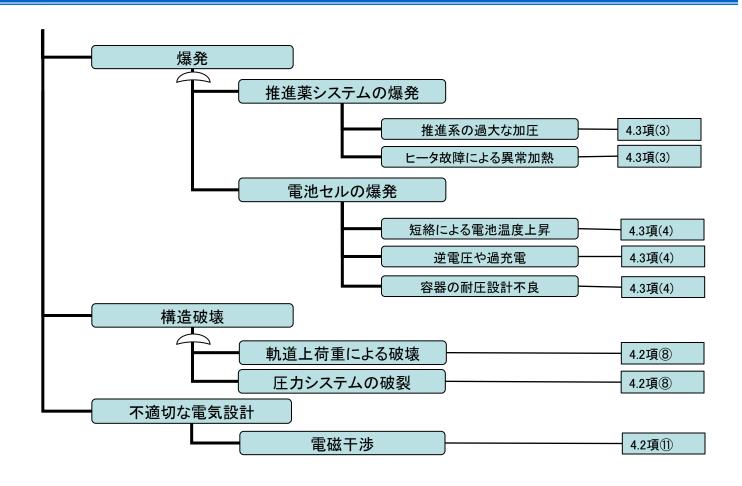
















Backup Chart



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、FTA (Fault Tree Analysis:故障の木解析)等を用いて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
- 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	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	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	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	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

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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
1.目的及び位置付け	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」という。)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。 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。			
2. 適用範囲	本指針は、HTVの開発及び運用の各段階において 行う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 行うこととする。 また、HTVにより輸送・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、 別途調査審議を行うこととする。 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うこと とする。	た。 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。 ②開発終了時に(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。 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	開発利用部会調査・安全小委員会に報告する。 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。 HTV5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-IIBの飛行計画の審議時に報告する。 HTV5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	
3. 基本的な考え方	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。 (1) 安全確保の対象 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。	(1)安全確保の対象 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と同	(1)左記のとおりである。	
	(2) 安全確保の方法 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。 ア ハザードの除去 ハザードについては、可能な限り除去する。 イ リスクの最小化設計 故障許容設計、適切な部品・材料の選定等により、リスクが最小となるようにする。	HTVは、以下に示す基本フローに従い安全設計を行っている。	(2)左記のとおりである。	

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HTV5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	H T V 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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
	ウ 安全装置 異常が発生したとしても被害を最小限にする ように、安全装置を付加する。	C. ハザード原因の識別		
	エ 警報・非常設備等 異常が発生した場合には、警報が作動し、また、 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。	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:マージナル(軽微)ハザード また、ハザードの発生頻度を以下のように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)		
	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。 カ 保全	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) B.ハザードの除去・制御		
	適切な予防保全により、異常の発生頻度を小さくする。	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。 除去できない場合には、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、あるい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 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。		
	(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、火災、爆発、危険物等による異常の発生の防止並びに外傷、火傷、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。	(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。4項以降に、個々の設計の内容を示す。	(3)左記のとおりである。	

項目	HTVに係る安全対策の評価のための基本指針	ヨン福祉版(ローV)に帰る女主対衆の計画の/に800を本指型门に対するロー 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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
4. 宇宙環境対策	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、以下のような対策を講じる必要がある。(1) 自然環境からの保護	(1)自然環境からの保護	(1)	
	(T) 自然環境がらの保護 ア 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 状態とならないよう、可能な限り防御すること。 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 場合には、HTVから宇宙ステーション本体への 退避により、搭乗員の安全確保を図ること。	ア 隕石・スペースデブリ 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よう、次の通りの防御対策をとっている。	ア ① HTV5号機でもHTV1号機と同一設計のバ	H T V-0009 隕石 /デブリとの衝突
		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)で確認した。 ③ 直径 1~10cm のデブリ等 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う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。 また、ISSに係留する前は、ISSロボットアームでHTVを把持した状態で、ISSのカメラによりHTV側の結合機構に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。 ISS係留前に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 で確認した。	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、HTV5号機にも同じルールが適用される。	
		係留中、HTV与圧キャリアのハッ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与圧キャリアが破壊することはなく、HTV与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ッチを閉じて避難する。 HTVが上記手順に対応できる(ISSが急減圧を検知した場合に、警告を受けた後3分以内にハッチ閉鎖及びIMVバルブの閉鎖等のHTVの隔離作業に対応できる)設計であることを確認した。 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 回の飛行を想定し 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共通の解析ツールを用い、実際のデブリ貫通試験の結果を反映したパラメータを使用することで PNP を評価している。	HTV5号機でもHTV1号機と同一のデブリ防止 対策を採っている。また、HTV5号機は、ISS への設置場所が従来のノード2だけでなくバックア ップポートとしてノード1も追加されるため、ノー	

項目	HTVに係る安全対策の評価のための基本指針	H T V 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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
		なお、現在までのISSあるいはスペースシャトルの運用実績からは、デブリ等が貫通したという報告はない。現在、直径 10cm 以下のデブリについても認識できるよう、地上観測能力の向上、データベース充実に向けて米国で検討が進んでいる。日本ではスペースガードセンターで観測の取り組みが行われている。	現在(平成27年5月時点)においてもISSをデ ブリが貫通した実績は報告されていない。	
	イ 宇宙放射線 HTVの安全に関わる機器は、放射線による誤動作、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。	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、太陽系外から飛来する鉄等の重粒子成分を含む銀河宇宙線、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バンパ、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、艤装品が設置され、放射線の遮蔽に寄与している。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、生涯に受ける総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誤動作、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。	TV1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も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。 HTV5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	
	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、高温・低温、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、減圧に耐え、再加圧後正常に動作すること。	ウ 高真空	ウ ① 本件に係る I S S 本体側とのインタフェースに変更はなく、H T V 5 号機も係留中は H T V 1 号機同様に I S S 本体側の機能で圧力制御される。 H T V 5 号機の曝露環境に設置される機器に設計変更はなく、高真空下での耐環境性を有している。	/バルブからの空気
		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シートトラック/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た。なお、小型機器は、バッグに収納するか、ベルクロで固定するように、作業手順が適切に設定されていることを確認した。 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う、適切な箇所に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た。	② HTV5号機の構成品の内、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」「可搬式消火器」「可搬式呼吸器」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、HTV5号機に搭載される積荷の取り扱いについては、従来同様に積荷側の審査で確認を受けるプロセスとなっている。 HTV5号機でも、搭乗員が両手作業を行えるよう、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た。	

項目	HTVに係る安全対策の評価のための基本指針	H T V 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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
		③ 電磁波 (電磁波については、4(2)イ(ウ)を参照) ④ プラズマ 軌道上の太陽光線、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煙検知器は、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。	り、最終的には射場で全機結合した状態で検査を 行うこととしている。煙センサ取付け部の設計に	H T V-0013 接触面 温度異常
		 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、搭乗員が軽装で活動できる温度環境が提供される<u>ことを、受入試験にて確認している。</u> また、軌道上の熱環境により機器の性能劣化・故障が生じないよう、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、<u>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実機の熱平衡試験を実施し、予測温度を検証している。</u> 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。 	験で確認した。 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た。 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 HTV5号機でも有効である。 HTV5号機は、ISSへの設置場所が従来のノ ード2だけでなくバックアップポートとしてノ	
	(2)誘導環境からの保護 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。	(2)誘導環境からの保護 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		H T V -0005 構造 破壊
	イ 軌道上の誘導環境 (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には、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	イ 軌道上の誘導環境 (ア)雰囲気空気 ① 酸素等の濃度 HTV与圧キャリアは、空気の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。	HTV2号機でダクト系設計の見直しが行われ、あらためて空気循環風量の要求に適合していることを確認した。	H T V-0002 大気汚染

-	17次 「)田ハ) フェ	コン州和成(ロTV/ICIRの女主列束の計画の/ICM)の基本指述[ICM9のロ		
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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
	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 認できること。	するとともに、HTV与圧キャリア内部の空気の循環を行っている。HTV与圧キャリアに導入された空気の一部はHTV与圧キャリア中を再循環し、大部分はハッチを経由してノード2へ環流する。この設計については、HTV1の与圧部には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た。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かねているが、ファン停止時には、クルー退避まで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、火災発生時には消火剤としてCO2が噴霧される。この消火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じてHTVを隔離している際には、クルー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。	T V 2 号機で構築した解析モデルに準じている。H T V 5 号機としては空気循環ファンの機能性能が解析モデ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た。ファン停止時のC O 2 濃度上昇や消火剤放出後の評価に関してはH T V 与圧キャリア内部容積は与圧部後方ドーム搭載システムが追加されたが、これまでと同様にパーテーションで仕切られるため、内部容積は同じである。そのためH T V 1 号機の評価結果がH T V 5 号機に対しても有	
		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ICDに規定されていることを確認した。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。 ハッチを閉じて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ら、2系統のベントリリーフバルブによって与圧空気を宇宙空間へ排出する。	気圧に維持される。HTV5号機内の急激な減圧が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ICDにも変更はない。 HTV5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	
		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内の温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にて確認している。。 ④ 気流等		
		HTV与圧キャリア内部では、微小重力下において特定の場所に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、ファン停止時には、クルー退避までは、CO2濃度が危険なレベルにならないことを解析にて確認している。ファン故障時は、HTV制御系及びISS側にて検知し、クルーは退避する。	直し後の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た。また、ファンの故障がISS側で検知できるよう、I	
		⑤ 結合前の異常確認 HTVは、打上げ直前に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係留後入室前に、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た。。	する計画である。ISS係留後入室前に気圧が	
	(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	(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のボリューム 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 <mark>いることを確認している。</mark> 有毒・危険な化学物質・材料は使	質・材料は使用されていないことを使用材料リスト	

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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
項目	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には、一旦与圧部内の空気を宇宙空間へ排出できること。 (ウ)振動、音響、電磁波 HTVの機器が発生する振動、音響及び電磁	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・ラックレベルでオフガス試験を実施し、オフガス発生量が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。 <制御> 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。 HTV与圧キャリア内で汚染が発生し、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バ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。また、汚染をISS本体側で除去できない場合には、HTV与圧キャリア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バルブが有効であることを、機能試験にて確認している。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共通品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。)	HTV5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ていることを確認する計画である。 HTV1号機同様、HTV5号機としては与圧キャリア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。 HTV5号機が緊急時の隔離に対応できることについて、ハッチ及びバルブ等の機能試験で確認している。排気バ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た。 搭乗員の退避路が設計どおり適切に設定されていることを検査で確認した。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。 (ウ) 空気循環ファンに異常な振動等がないことについ	関連ハザードレポート
	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。 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。	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の微小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るレベルではないことを運転試験により確認している。 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に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。 <音響> 空気循環ファン、空調ダクト、バルブ、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。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。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で確認している。 <電磁波> ISSの各機器、地上レーダ、スペースシャトル、ソユーズ、プログレス、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に誤動作等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に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。	HTV5号機の主要構造はHTV1号機から変更されておらず、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。 ダクト系設計が見直された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、HTV5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た。また、騒音解析の前提となるダ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た。 HTV5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。なお、HTV	HTV-0015 騒音 HTV-0017 電磁放射

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HTV5の適合性確認結果 (8/20)

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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
, i	(3) 軌道上環境等の保全 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 ように考慮すること。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 を軌道上に投棄しないこと。	(3) 軌道上環境等の保全	(3) HTV5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 に積み荷の誤放出やスラスタバルブの意図せぬ解 放を防止するための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。 HTV5号機では、曝露ペイロード回収機構 (HEFU)が設置され、不要になった曝露ペイロード を回収する。本機構がペイロードを誤放出しないこ とは機能試験にて確認をした。	HTV-0010 浮遊物のISSへの衝突 HTV-0003 推進薬 漏洩による汚染
5. 構造及び材料	(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、以下のような対策を講じる必要がある。 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こと。 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。	(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・疲労強度を持つよう設計され、その結果は解析及び強度試験によって検証され、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う、構造損傷を受け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。 <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、温度制御装置等)の考えられる2つの故障を想定した場合の、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じた圧力に対して必要十分な強度を持たせた設計であることを、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 リークビフォアラブチャ HTV与圧キャリア隔壁については、破壊靭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。	(1) ア ① HTV5号機はHTV1号機で検証された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 HTV5号機はHTV1号機で検証された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)で確認した。	HTV-0005 構造破壊 HTV-0006 正圧による構造破壊 HTV-0007 爆発
	イ 強度及び剛性 HTVの構造は、打上げ時及び軌道上におい 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。	イ 強度及び剛性 <剛性> ① 有害な変形の防止 HTVには、H-IIBロケットによる打上げ、軌道上荷重(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、次の剛性を持つように設計した。 (ア)複合した環境条件の下で、結合部を含め構造物に有害な変形が生じない(イ)変形によっ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H-IIB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	① HTV5号機はHTV1号機で検証された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 HTV5号機はHTV1号機で検証された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。	HTV-0005 構造破壊 HTV-0006 正圧による構造破壊 HTV-0007 爆発

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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
		うにHTVは設計した。 ①および②については、以下のように構造解析、試験で検証した。解析に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実施し、ハードウエアとの相関性があることを確認した。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た。またPFMモデルを用いて、静荷重試験を実施した。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柔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た。これは打ち上げ前までに最終的な確認を行う(宇宙開発委員会報告後に確認を完了した)。 <静荷重強度> 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、温度等を複合した環境条件の下で、降伏・破壊を生じないように設計している。これらは、以下のように検証した。構造解析を実施した。解析に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実施し、ハードウエアとの相関性があることを確認した。またPFMモデルを用いて、検証を実施した。ない代わりに、安全率を大きく(終局荷重に対して2.0倍の安全率)とった検証を行った。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柔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た。これは打ち上げ前までに最終的な確認を行う。	計を引き継いでおり、HTV1号機の設計検証結果	
	(2) 材料 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。	(疲労強度) ① 寿命 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じた負荷サイクルを受けても構造破壊が生じないよう設計されている。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についても十分な余裕があることを確認した。 ② 安全率 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ISSの規定である安全率4.0を乗じた負荷サイクルを受けても構造破壊が生じないよう設計した。 ③ 疲労寿命の確認 該当部分の破損が、搭乗員・HTV・ISSに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た。 (2)材料 ア 可燃性・有害ガス発生に対する考慮 火災防止、搭乗員の健康傷害防止のため、HTV与圧キャリア内の非金属材料には不燃性・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	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 HTV5号機はHTV1号機で検証された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。 ③ HTV5号機はHTV1号機で検証された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た。 (2) ア HTV5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	H T V-0001 火災

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HTV5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	H T V 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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
		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。 ・可燃性:材料レベルでの可燃性試験に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てるように使用される材料。 ・オフガス:HTVのボリュームを考慮して、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、機器レベ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。。		
		イ 破壊靭性に対する考慮 デブリの衝突等によって不測の損傷を受けた場合でも致命的破壊に至らないよう、 HTV与圧キャリア外壁等には高い破壊靭性値(部材に潜在する初期欠陥が壁面に 沿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。	イ HTV5号機はHTV1号機で検証された主構造 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。	HTV-0009 隕石/ デブリとの衝突
		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 <u>ことを検査にて確認している。</u> 。	ウ HTV5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た。	HTV-0007 爆発
		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。	エ HTV5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。	
6. 推進	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		6 (1)	HTV-0003 推進薬 漏洩による汚染
	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じること。	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、適切な溶接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。)。	ア HTV5号機の圧力システム構成品に対し、MD P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	HTV-0007 爆発
		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、実績のある金属シールが使用され ている <u>ことを検査及び試験にて確認した。</u> また、配管等の凍結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 <u>こ</u> <u>とを試験で確認した。</u>	イ 継手部に適切な金属シールが使用され、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に配管等を温度制御できる ことを試験で確認した	
		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 系統で混合し、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。	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、HTV1号機同様にタンクと上流のバッファチューブ間に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	
		(2)予期せぬ作動・停止の防止 ISSの近傍では、HTVは姿勢制御系統を用いて接近する。姿勢制御系統を構成す	試験で確認した。	

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HTV5の適合性確認結果 (11/20)

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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
	□ I VICIR ②女主刈泉の計画のための基本指面	る、バルブ、圧力センサ、温度センサ等の機能部品が故障した場合には、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、シミュレーション等を用いた設計解析及び試験で確認した。	HTV5号機に搭載するハードウェアがそれぞれ 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 れることについても試験で確認した。	HTV-0008 ISS への衝突
	HTVは、宇宙ステーションに接近・係留し物資補給を行うとともに、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じること。 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。 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。	HTVは、H-IIBロケットによってISS軌道より低い軌道に投入された後に、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指し接近していく。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う地上からの指令により、接近を中断する。 ISS近傍に到達した段階で、HTVの故障によりISSに衝突する可能性が生じた	7 (1) HTV5号機が自動で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た。また、搭乗員や地上からコマンド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た。	HTV-0008 ISS への衝突
		(2)誘導制御系の冗長設計 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が同時に演算を行い、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。 誘導制御系は、航法・誘導用にGPS受信機及びランデブセンサ、姿勢制御用に慣性ジャイロセンサ及び地球センサというように、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故障時には、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。 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。	(2) HTV5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。HTV5号機のハード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。 HTVは、ISSに接近時JEMのリフレクタを捕捉するため、ISSにある他のリフレクタの相対位置を用いて判別するが、HTV5号機ではISSのリフレクタ配置に変更があったため、一部ロジックを変更する必要が生じた。変更後のロジックを用いて、JEMのリフレクタが正しく補足されることについてセンサ単体の試験及び解析にて確認した。なお、最終的には射場でHTVに組合せた状態で試験を行うこととしている	
		(3) データ通信系の冗長設計 HTVは自動制御に加えて、ISS搭乗員あるいは地上からコマンド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との通信を行う。PROXは2系統構成で、1系統故障時には残りの系統を用いて飛行を継続し、2系統とも故障した場合には、ISSへの接近を取りやめて緊急離脱を行う。ただし、係留あるいは離脱のためにISSロボットアームによる把持あるいは解放操作を行う直前にPROXが1系統故障した場合には、データ中継衛星を介した衛星間通信を確立したのちロボットアームの運用を開始する。 これらは通信系の電波リンク試験、通信系の図面解析及び機能試験により確認した。	(3) 搭乗員や地上からコマンド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た。 HTV5号機は、ISS近傍でHTVが回避マヌーバを実行した場合のISSモジュール等にプルームが当たる影響を小さくするため、衝突回避マヌーバ時のメインエンジン噴射時間(固定値)を削減する。噴射時間の減少に伴いマヌーバ制御量も減少するがそれでも問題なくISSへの衝突回避ができることは解析にて確認した。	
8. 電力	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、運用期間を通じて安全に関わる システムへ電力が供給できるよう必要な対策を講じ	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、バッ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		HTV-0008 ISS への衝突

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HTV5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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポー
	ること。	した。 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。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。また、係留中にISSから給電が停止した場合には、リチウムイオン電池からの電力供給が可能である。これらは、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。 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。また、電池からの電力を各機器に配電するバッ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。 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、あるいは電池容器の耐圧設計により、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。	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。バッ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。 HTV5号機に搭載するバッテリ(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無く供給できることに関わるシステムを実施したHTV5号機のリソース解析を実施したHTV5号機のリソース解析を実施の11台からHTV2号機以降7台に削減を反映)が適用できることを確認した。 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た。 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た。 バッテリ単体及び周辺回路のバッテリ保護機能(短絡防止、逆電圧防止、過充電防止やセルの圧力リーフ等)について、検査及び機能試験で確認した。	H T V−0007 爆発
9.安全 ・ 開発保証	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。		9	
	(1) 安全性 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。	(1)安全性 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。 ア ハザードの被害の度合いとフォールトトレランス数 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。 ① カタストロフィックハザード 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) ② クリティカルハザード 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) 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・検証の概要例に示す。 イ 冗長設計とインヒビット設計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。・ある機能の喪失が事故に至る場合:冗長設計・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	(1) 左記のとおりである。 説明資料4項による。	ハザード全般
	(2)信頼性 ア システムの独立性	(2)信頼性 ア システムの独立性	(2)	ハザード全般

項目	HTVに係る安全対策の評価のための基本指針	ロエソ1旦機の海合性砕割盆田(宁中門及禾昌合にて英少性証体文元)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
- 現日	HIVI、係る女宝対策の評価のための基本指針 にすること。	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) 計とし、かつ各要素を独立させた。これらは図面(回路図も含む)により確認し、それ	いる。	
	また、冗長系は、可能な限り互いに分離して配置すること。	記さし、かり谷安系を独立させた。 <u>これらは図面(回路図も含む)により確認し、それぞれの系の機能、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。</u> 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、故障の伝搬を防止するよう設計した。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、デブリ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リソース経路分離がなされている <u>ことを図面により確認した。</u>	さ要機器の配置やリソース経路についてもHTV 1号機から変更はない。	
	イ 故障検知	イ 故障検知	1	ハザード全般
	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。	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、それぞれの状況を周期的に確認し、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、必要最小限の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・回復(FDIR:Fault Detection, Isolation and Recovery機能)を有する設計とした。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た。 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たうえで、冗長系に立ち上げる。 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)、予測値と実測値との比較、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。 ③推進系故障の検知 規定の増速量、あるいは飛行経路の範囲を逸脱しているか否かを、誘導制御計算機が、予測値と実測地との比較、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。	HTV1号機で検証した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た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た。	
	ウ 自律性の確保	ウー自律性の確保	.	ハザード全般
	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。	地上との通信が途絶えた状態で、火災・減圧・汚染等の緊急事態が発生した場合には、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有る。安全に関わるシステムについては、手動操作するもの(バルブ、ハッチ等)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ことを試験により確認した。	HTV1号機で検証した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た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た。	・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	エ 自動機能に対するオーバーライド 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 ーバーライドができること。	エ 自動機能に対するオーバーライド 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ドが可能であり、意図せぬオーバーライド防止のため、オーバーライド・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た。 なお、不注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ドする場合には、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 / 及び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た。	エ HTV1号機で検証したソフトウェアに対し、HT V2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 を明確にした上で再試験等を行い、その都度所定の 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。	ハザード全般

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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
	(3)保全性 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。	(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に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	(3) 保全性 HTV2号機以降に追加されたORUはない。	ハザード全般
		ア 機能中断の防止 HTVは、1機当たりの運用期間が 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、JEMに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。 PROXは、故障時も機能停止することがないように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。		
	イ 危険防止 保全作業については、船外活動の最小化、粉 塵等の発生の最小化、流体の放出の最小化、最 適な防護措置等が行われること。 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。	イ 危険防止 H T V 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。 船内活動による保全作業はPRO X 与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。 ① 粉塵等の発生の最小化 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 I V A タスク定義書で確認した。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、十分に洗浄、清掃することによって、軌道上での飛散を防いでいる。 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(H E P A フィルタ)により除去されることを確認した。		ハザード全般
		② 流体放出の防止 HTVシステムの与圧キャリア内には、流体を含むシステムはない。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た。JEM内に搭載されるP ROX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た。		
		③ 防護措置 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、パネ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た。また、パネ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た。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た。		
		④ 機器取付け及び取外しでの安全 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に、ハンドレール、シートトラック、ベ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ることを図面、実機検査、クルーによる評価を実施し確認した。 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、配置に問題のないことを、図面、実機確認、デモンストレーションにより確認した。 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ようにスクー		

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HTV5の適合性確認結果 (15/20)

安全に関わるシステムの機能、性能等を確認するため、との記録を保存することに、その記録を保存することに、その記録を保存することを発表することを発表していた。サランストレル、サランストレル、サランストレル、ウランストルルの全容機能はおいて、設定・保付いの金容機能は必要なデータは、そのの余時の蓄積・利用に費するために、関語報告・基金金名を開催し、各部記録の 構造 記録データ、計価結果をアエビアンスの発酵を保存することとの発酵を保存していることを確認した。 また、HTVシストムの構成品が性株素の要求に合致していることを確認するため、製造金柱におけてデータを含む製造作を建立した。 また、HTVシストムの構成品が性株素の要求に合致していることを確認するため、製造金柱におけてデータを含む製造作を認めます。 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言葉・利用を図るため、データペース化を図ることと おいてがことをでは対するため、製造金柱におけてデータを書の確認を実施し、多数でデータのか事的な言葉・利用を図るため、データペースルと看談とし、データの入力を行っており、関係者に必要ボータの数率的な言葉・利用を図るため、データペースルと目的としてもいいまります。 より、日内に関連者を収し、データの入力を行っており、関係者に必要データの表示、関数が可能である。 ・ J E I I I I I I I I I I I I I I I I I I	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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
安全に関わるシステムの機能、性能等を認定するため、水山、コンポーネントレバル、サブシステムレバル、システムレバルの名を開除において、			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/キー溝を持ったタイプのコネクタを使		
機械系設計 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、以下のような対策を講じる必要がある。 (1) 搭乗員の保護		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。 また、HTVの安全確保に必要なデータは、その効率的蓄積・利用に資するために、問題報告・是正処置・予防処置、部品情報、材料・工程情報	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。 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。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(SPADE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。 ・JEM問題報告及び是正処置データ(J-PRACA)・JEM問題報告及び是正処置データ(J-PRACA)・JEM問題報告及び是正処置データ(J-PRACA)・JEM間類報告及び是正処置データ(J-PRACA)・JEM同題報告及び是正処置データ(J-PRACA)・JEM同題報告及び是正処置データ(J-PRACA)・JEM同題報告入りリティカルアイテムリスト(CIL)データ・JEMORUデータ		ハザード全般
 ライトハード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。 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無いように、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。 ② 鋭利端部・突起物に対する防護	機械系設	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、以下のような対策を講じる必要がある。 (1) 搭乗員の保護	構体・機器による外傷・火傷・感電等の傷害からHTV内の搭乗員を保護するため、以下の対策が講じた。 ア 外傷の防止 ① 回転機器に対する防護 与圧部キャ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う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、フライトハード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。 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無いように、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。 ② 鋭利端部・突起物に対する防護 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	(1) ア ① HTV5号機の空気循環ファンが設計どおりであることを検査で確認した。 ② HTV5号機の機器や構造に要求を逸脱するような鋭利部や突起がないことを検査で確認して	HTV-0014 鋭利端 部/突起物への接 触、及び巻き込み/ 挟み込み

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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
		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に、接触する可能性のある部位全でに対し、目視、綿手袋により触診によりハード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(Swatch Patch)を擦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(太陽電池パドル)については、カバーの設置、適切な手順の設定を行うことを確認した。 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、	③ HTV5号機位の機器や構造に要求を逸脱する ような寸法の穴や隙間等がないことを検査で確	
		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、 <u>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。</u> <u>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、キープアウトゾーンを設定する等、挟み込みを防止するための対応が手順に盛りこまれることを確認した。</u>	認した。また、曝露パレット上にある曝露ペイロード回収機構には可動機構があり、接触禁止エリアが設定されている。挟み込みを防止するための注意喚起が取り付けられていること、手順に盛り込まれていることを確認した。	
		イ 火傷の防止 露出部の表面は、火傷や凍傷を生じない温度範囲(HTV与圧キャリア内にあり連続的な接触のある箇所の温度は 4℃~45℃)にある <u>ことを熱解析により確認した。</u> さらにHTV与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 <u>ことを熱解析、機能試験を実施し確認した。</u> 同様に、船外活動についても、EVAグローブの実力を考慮した要求が設定されて 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 <u>ことを熱解析により確認した。</u>	イ 熱モデル及び環境条件の変更、すなわちHTV5号機は、ISSへの設置場所が従来のノード2だけでなくバックアップポートとしてノード1も追加されるため、ノード1設置前提での追加解析を行い問題ないことを確認している。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HTV5号機の機能試験で確認した。 曝露パレットについてはHTV5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。	H T V -0013 接触 面温度異常
		ウ 感電の防止 電カラインについては、短絡・接続不良等による漏電を防止するため、電カリード線・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の要求に従った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、ボンディング・グランディング抵抗測定を実施した。 電カ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、コネクタ上流に電流遮断機能をもたせており、 <u>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。</u> コネクタは、上流側にはソケットタイプの使用、スクーププ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った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。 船外活動による電カコネクタのアクセスについても、溶融金属(Molten Metal)の飛散による宇宙服への損傷を防止する観点から上記同様の設計を実施し、解析、試験、フライトハードウェアの検査により確認した。	準に適合した部品が選定され、適切な施工により リード線等の露出がなく、導通・絶縁や電気的接	H T V -0012 電気 ショック
		エ 作業等の安全 搭乗員の移動支援具は、シートトラックに足部固定具 (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 <u>ことを図面、実機検査により確認した。</u> 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	エ HTV5号機の与圧キャリア内に、必要なシート トラックが設置されていることを検査で確認した。	H T V -0016 退避 不能

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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
		(1.5)を持つことを強度解析による確認した。		
	(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 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。	フェースを十分確保した設計を行った。	(2) HTV5号機特有の搭乗員インタフェースない。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。 ア HTV5号機特有の自動化機能はない。	ハザード全般
		 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。 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。 ② データ表示、操作手順表示及びマーキングについては、英語又は国際標準シンボルを使用した表記がされていることを図面、実機検査により確認した。 	イ HTV5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。	ハザード全般
		ウ 機器の操作手順	様に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た。 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(ハザードレポートから運用チームのデータベ ースに登録され、手順作成時にデータベースの照	ハザード全般
		エ 視野等 搭乗員の作業・操作・表示機器確認に支障がないように、GLA(General L uminair 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 <u>ことを、照度解析、図面、実機検査により確認した。</u>	エ HTV2号機以降導入した国産のLED照明についても、GLAと同等の照度が確保できることを 検査で確認した。HTV5号機ではGLAとLE Dを半数ずつ搭載予定。	ハザード全般
	(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。	(3)共通化 ISS全体の安全に関わるHTVの構成要素(ハードウエア・ソフトウエア・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。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。 ① 警告・警報 共通化:音声端末、警告・警報パネル、ラベル、マーキング標準化:警告・警報のクラス分け ② 火災検知/消火システム	(3) 左記のとおりである。	HTV-0001 火災 HTV-0016 退避 不能

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HTV5の適合性確認結果 (18/20)

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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
	(4) 異常等への対処 HTVにおいて異常等が発生した際の搭乗員 及び地上要員による安全に関わる対処について は、適切な指揮・命令系統の下で運用されるシス テムとなるよう十分配慮すること。	上からのコマンドでISSへの接近を中断する。ISSへの係留あるいは離脱のため	(4) これまでの運用で既に確立しており、HTV5号 機として必要な訓練を継続中である。	HTV-0008 ISS への衝突
11. 緊急対策	火災、減圧、汚染等の異常が発生し、緊急を要するときにおいても、搭乗員の安全に重大な影響が及ばないように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。 (1)緊急警報 緊急警報は、人命に脅威となるような異常を識別でき、安全に退避できるよう緊急、確実に通知できること。 また、人命への脅威に関する緊急警報は、異常を発見した搭乗員が警報ボタン等により手動で警報を発出できること。	(1)緊急警報 HTVには緊急警報を発出する機能はないが、人命に脅威となる火災、減圧等の異常		HTV-0001 火災
		イ 減圧 ISSに係留中はハッチを開状態にしており、HTV与圧キャリア内の圧力制御は ISSの機能に依存している。よって、HTV与圧キャリア内の減圧は、ISS本体 により常時監視され、設定圧以下・設定減圧速度以上になると、ISS内に警告・警 報が発せられ、搭乗員は緊急避難機に退避する。その際、可能な限りハッチを閉じて	イ 減圧時の I SS全体の対応は、警報も含めて既に ルールが確立している。	HTV-0004 シール/バルブからの空気漏洩

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HTV5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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
		 退避する。 (a) ISS文書で「キャビン圧はISS本体により常時監視され、設定圧以下・設定減圧速度以上となると、ISS内に警告・警報が発せられる。」ことを確認した。なお、本件の検証責任はNASA側にあり、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 (b) HTVと船内と船外の間のシール部は2重とし、船外排気用の排気弁には意図しない開放を防止するため2つのインヒビットを設けた。2重シールを用いていることを検査にて、排気弁のインヒビットは試験にて確認した。また、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ことを解析にて確認した。 		
		ウ 汚染 HTV与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内に警告・警報が発せられる。 (a) ISS文書で「HTVのキャビン内の空気は、ガスサンプルラインを通しISS本体の環境監視装置(ARS:Air Revitalization System)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。」ことを確認した。なお、本件の検証責任はNASA側にあり、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た)。	ウ 汚染に対する I SS全体の対応は、警報も含めて 既にルールが確立している。	H T V-0002 大気 汚染
	(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。	(2)アクセス ア 非常設備、防護具 ISSに係留後、非常設備として可搬式消火器が、防護具として可搬式呼吸器がそれぞれ1式ずつ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た。また、これらを設置する場所がHTV与圧キャリアの入り口付近に準備されいていることを検査にて確認した。 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のミッションを終了した後は、離脱前にこれらの可搬式消火器及び可搬式呼吸器をISS側へ返却する。	(2) ア 可搬式消火器および可搬式呼吸器の設置手順は確立しており、当該手順をHTV5号機にも適用する。	HTV-0001 火災
		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う 電子ファイル媒体及び文書として保管・掲示される <u>ことになっており、特にタイムク</u> <u>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</u> <u>した。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。</u>	イ 安全上重要な手順は既に作成済みであり、訓練や シミュレーションで用いられている。	ハザード全般
		ウ 通路 (a) 搭乗員の移動及び作業を容易にするため、通路にハンドレール、フットレストレイント等が I S S の要求に従い設置されていることを艤装図、I V A トランスレーション解析で確認した。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H T V 与圧キャリア内の照明喪失に備えて、退避のためのハッチ開口部が容易に識別できるように蓄光テープがハッ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、I S S の要求通りであることを、艤装図及び視認性デモンストーレションで確認した。	ウ (a) キャビン空間のサイズはHTV5号機も同じであり、軌道上で積み荷開梱手順や廃棄品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) 蓄光テープが貼り付けられたことについて検査で確認した。	HTV-0016 退避不 能
	(3) 減圧及び再加圧 火災、汚染等の異常が発生した場合には、与圧 部内の空気を排出するため、減圧及び再加圧がで		(3) HTV5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、ベントリリーフバルブ	ハザード全般

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HTV5の適合性確認結果 (20/20)

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)	HTV5号機の適合性確認結果	関連ハザードレポート
	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。	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う設計されている。また、HTVの起動・再起動に際しては、搭乗員がHTV内に移乗する前に、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を立ち上げることが出来るシステム構成となっている。 (a)滅圧 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6.9Kpa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時間以内に、与圧部を通常運用開始から2.8Kpa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。 (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。 (c) 起動・再起動 搭乗員がHTV内に移乗する前に、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・火災検知系等)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ガスサンプリングの機能を有していることを艤装図で確認した。	の機能試験で確認した。なお、減圧や再加圧に要する時間等についてはHTV1号機で実施した解析がそのまま有効である。	
12. 安全確 保体制		プロジェクトチーム等から独立した安全・ミッション保証部門である「有人システム安全・ミッション保証室」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。 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。	12 左記のとおりである。	ハザード全般