



安全6-1-2
(安全5-1-2)

宇宙ステーション補給機 「こうのとり」3号機(HTV3)の 再突入に係る安全評価について

平成 24年 3月 26日(月)改訂

平成 24年 3月 16日(金)

宇宙航空研究開発機構

有人システム 安全・ミッション保証室長

小沢 正幸



2. HTV3号機の主要諸元(2/5)

項目	HTV3号機の諸元
名称	宇宙ステーション補給機「こうのとり」3号機 (HTV3号機)
形状・寸法	ISSとの結合のため端面に共通結合機構(PCBM)を有し、側面に曝露パレット取り出しのため大開口部を有する円柱形高さ約10.0m × 直径約4.4m (非与圧開口部:2.5m × 2.96m)
システム構成	<p>◆ 与圧部 与圧維持機能、空調機能、熱制御機能、ISSからの電力伝送機能、通信データ処理機能、補給作業支援機能を有する。主な輸送物資については6ページに示す。一部の物資はレイトアクセス時に搭載する。</p> <p>【前号機からの主な変更点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・船内側ハッチ二重窓の材質をガラスからポリカーボネートに変更 ・前号機で打ち上げたものがISSに保管されているため、軌道上支援装置および搭載構造は不要になり削除 ・打上げ予定のカーゴ総量から物資輸送バッグ(CTB)用スタンドオフコンテナが必要なくなり削除
	<p>◆ 非与圧部 輸送物資を搭載した曝露パレットの搭載、引出し、挿入に必要な空間と機能を有する。曝露パレットへの電力供給機能、再挿入時のカメラによるクルー操作支援機能、並びに航法灯を有する。</p> <p>【前号機からの主な変更点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・曝露パレットをISSロボットアームで最終搭載位置まで移送可能になった為、HTV側のパレット引き込み機能が不要になり削除、パレットの位置検出機能のみ残した。
	<p>◆ 電気モジュール 航法誘導制御系、通信系、データ処理系、電力系、太陽電池パネル系、熱制御系、構造系、計装系から構成される。初期軌道投入後、航法誘導制御系はISSへの接近に必要な推進系の駆動信号を生成する。通信系、データ処理系はTDRS経由もしくはISS経由のコマンド信号を受信して各部へ配信し、テレメトリ信号の送信を行う。電力系は太陽電池、二次電池、一次電池及びISSからの電力を各機器へ供給する。キャリア監視制御・推進系監視制御機能を有する。</p> <p>【前号機からの主な変更点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運用機のコスト削減及びキーテクノロジー確保のため、通信装置(トランスポンダ、ダイプレクサ)を国産化 ・一次電池搭載台数は11台と7台で選択できたが、今後は7台に限定したため不要な中継コネクタブランケット、ハーネス類を削除 ・前号機までの電磁適合性(EMC)要求逸脱に対し、発生機器が特定され改善のため回路変更 ・前号機までの運用結果を受けて、運用性向上改善等に対応したソフトウェアの変更



2. HTV3号機の主要諸元(3/5)

項目	HTV3号機の諸元 (続き)
システム構成(続き)	<p>◆ 推進モジュール 推進薬 燃料 : MMH(モノメチルヒドラジン) 最大搭載 918kg (HTV3搭載予定量:917.7kg) 酸化剤: MON3(四酸化二窒素) 最大搭載 1,517kg (HTV3搭載予定量:1,514.3kg) メインスラスタ 4基 500N ミニマムパルス200msec RCSスラスタ 28基 120N ミニマムパルス30msec 加圧ガス: GHe</p> <p>【前号機からの主な変更点】 ・運用機のコスト削減 及びキーテクノロジー確保のため、RCS、メインスラスタを国産化、及びメインスラスタへの温度センサ、RCSスラスタへのNextelカバー追加</p>
	<p>◆ 多目的曝露パレット(EP-MP)型 輸送物資は6ページによる。</p> <p>【前号機からの主な変更点】 ・様々なタイプの輸送物資を搭載可能とするため、多目的曝露パレット(EP-MP)へ変更</p>
宇宙ステーション軌道	軌道高度 :350km~460km 軌道傾斜角 :51.6度 周期 :約90分
質量	打上げ時全備質量:最大16.5トン、輸送物資質量:最大6.0トン
ミッション時間	係留まで:約7日、係留期間:約30日、離脱・再突入:約1日
ロンチウィンドウ	ウィンドウ幅を設定しない。設定時刻に打上げる。



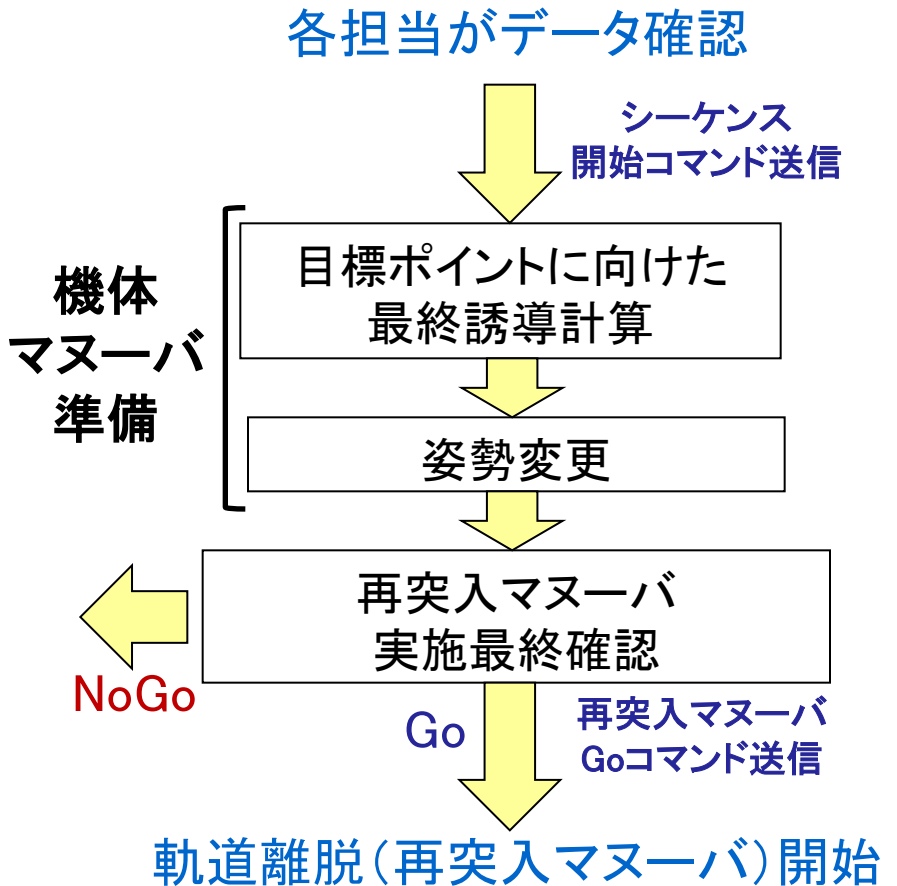
4. HTV3号機の再突入計画

4.2 再突入の実施条件

HTVの再突入飛行に際しては、以下の条件を考慮して可否判断を行う。

- ① 再突入マヌーバ前に、飛行位置及び姿勢の妥当性が確認できること。
 - ・ 計画した軌道に沿って飛行を続けていること。
 - ・ マヌーバ前姿勢が確立できたこと。
- ② 航法誘導制御系(GNC、姿勢制御機器)が再突入に必要な最低限の機能を果たしている状態であること。
- ③ 推進系(推力及び再突入時に使用する機器等)が再突入に必要な最低限の機能を果たしている状態であること。

GNC: Guidance Navigation and Control



注: HTV3号機の再突入の実施条件や手順は前号機と同一である。



4. HTV3号機の再突入計画

4.4 航空機及び船舶に対する通報

【航空機】

- 4.3項に示した着水予定区域は日本の国土交通省が所管する領域外であるため、着水予想区域のノータムの通知及び調整は直接影響国（ニュージーランド及びチリ）の関係機関に行う予定である。

【船舶】

- 海上保安庁が行う日本航行警報及び水路通報のため、必要な情報を所定の手続きに従って海上保安庁に通知する予定である。
- 4.3項で示した着水予定区域はチリとニュージーランドの関係機関の所管であるため、両国関係機関が実施するNAVAREA航行警報（インマルサットによる情報配信）のために、5日以上前に両国機関に情報通知を行う予定である。

注：航空機及び船舶に対する通報手続きは前号機までと同一である。



5. 安全管理体制

5.1 組織及び業務(1/2)

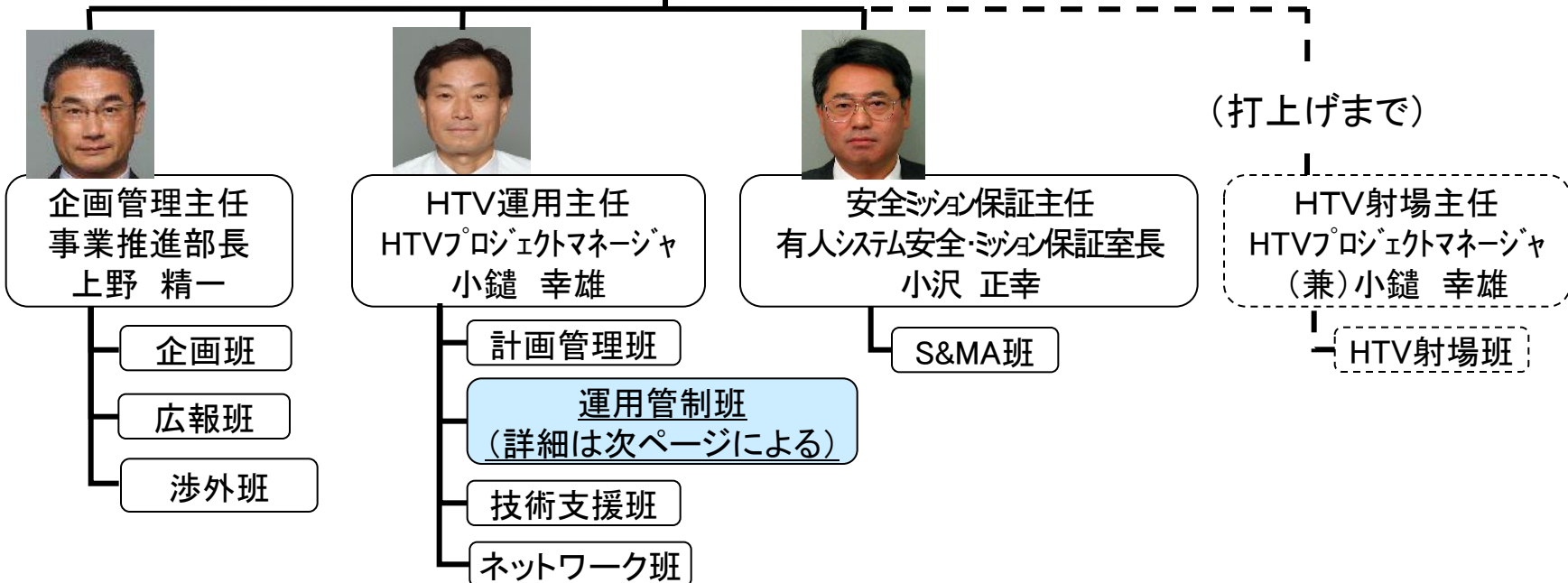
実施責任者を長とした主任会議を適宜実施し、運用状態の監視及び必要に応じて課題事項等の審議/意思決定等を行う。



運用管制実施責任者
理事 長谷川 義幸



同 実施責任者代理
ISSプログラムマネージャ
横山 哲朗

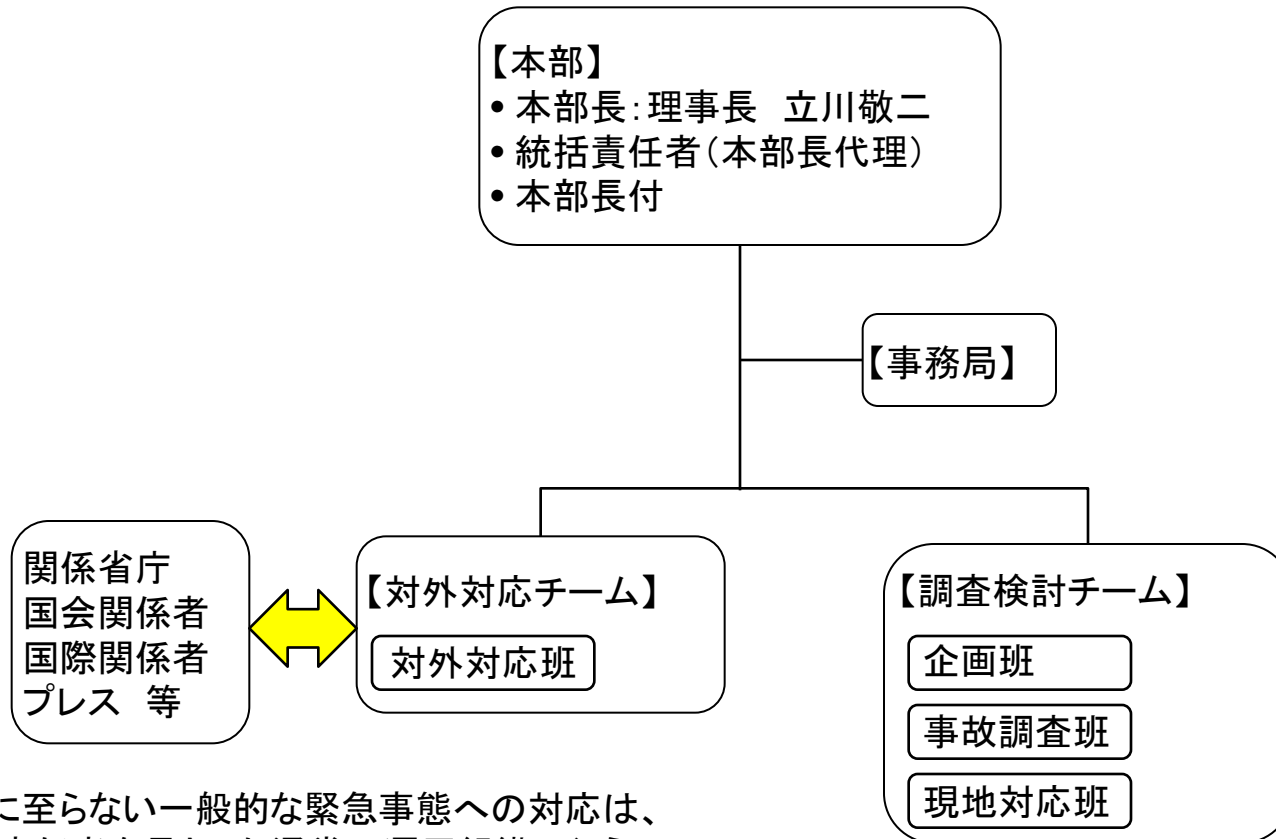


HTV3号機 運用管制体制



5. 安全管理体制

5.3 緊急事態への対応



事故に至らない一般的な緊急事態への対応は、実施責任者を長とした通常の運用組織で行う。

事故対策本部体制

注: 本体制は前号機までと同一である。

別紙 前号機からの仕様変更に対する「基本指針への対照表」への影響

前号機からの仕様変更点	変更の背景	「基本指針に対する対照表」への影響有無	ハザードタイトル	ハザード内容	安全設計(制御方法)	検証方法及び結果	指針の対応項目 / 該当ハザードレポート
与圧部							
船内側ハッチ二重窓の材質をガラスからポリカーボネートに変更	飛行中のデブリ衝突により、ISS係留後船内へのガラス飛散を防止するために変更された。	【影響なし】 ガラスが無くなったため、破片の飛散がハザード原因から除去された。	-	-	-	-	-
軌道上支援装置(スタンドオフOSE)および搭載構造削除	前号機で使用したものがISSに保管されているため、毎号機打ち上げる必要が無くなった。	【影響なし】 ISS係留後には前号機で打ち上げ保管されていたものが設置されるため、安全設計に影響なし。	不適切な人間工学設計(船内搭乗員退避不能)	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】 足部固定具(フットレストレイント)、取っ手(ハンドレール)等の移動支援具は、荷重に十分耐えられるように適切な安全率を持った構造設計が行われ、搭乗員の移動・作業場所を考慮した適切な位置に配置されている。	搭乗員の移動支援具は、シー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、十分な安全余裕を持つことを強度解析により確認した。	10. (1)エ / HTV-0016 退避不能
物資輸送バッグ(CTB)用スタンドオフコンテナ削除	打ち上げ予定のカーゴの総量から、追加のコンテナは必要なくなったため、削除した。	【影響なし】 コンテナの削除であり、ハザードへの影響はない。	-	-	-	-	-
非与圧部							
曝露パレット搭載方法変更により捕捉機能を削除し、位置検出機能のみに変更	ISSのロボットアームで最終搭載位置まで移送可能になり、パレットをHTVIに引き込む機能が必要なくなり削除した。パレットの搭載完了を確認する位置検出機能のみ残した。 前号機までに、ロボットアームに	【影響なし】 ISSのロボットアームによる搭載は前号機で実証済み。 捕捉機構の誤動作に起因するハザードは除去された。	-	-	-	-	-
電気モジュール							
通信装置(トランスポンダ、ダイブプレサ)を国産化	運用機のコスト削減及びキータクノロジー確保のため、海外調達品から国産化に変更した。	【影響なし】 右記のとおり安全設計され、検証が完了(注)しており、指針に対する対照表の変更はない。 (注)システムレベルの検証として、射場での全体系統試験(END-TO-END試験)を除き完了。(3/16完了見込み)	HTVのISSへの衝突	通信システムの遮断により、HTVがISSに衝突しISSを損傷することで船内の空気が抜け、搭乗員の死傷に至る可能性がある。	【2故障許容設計】 HTVは、ISS近傍運用段階になると「きぼう」に設置されたPROXとの通信を実施しながら接近をする。PROX側、HTV側ともに各機器は冗長化されているため、1故障時には接近を継続する。 その場合、バックアップとして衛星間通信衛星とのリンクを確保することによって、PROX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。 なお、HTV側で2故障を検知した時は自動で接近を中止し、緊急離脱を行う(2故障許容)	a1. 個々のコンポーネントの製造工程の検査、図面確認等により品質に問題ないことを確認した。 a2. 機能試験により性能に問題ないことを確認した。 a3. 通信・伝送性能の確認として以下の試験を実施した。 - きぼうに搭載するPROXコンポーネントとHTVIに搭載する通信・データ処理系との間で通信試験を実施し、問題なく通信できることを確認した。また、故障状態を模擬して系統切り替えできることを機能試験で確認した。 - 通信・伝送系統の全体の確認として、NASA側の協力の下、NASAの地上局やISS側の通信装置を模擬した設備を用いて、HTVとの全体的な系統試験(END-TO-END試験)を射場にて実施する予定。(2012/3/16予定)	7. (3) / HTV-0008 ISSへの衝突

別紙 前号機からの仕様変更に対する「基本指針への対照表」への影響

前号機からの仕様変更点	変更の背景	「基本指針に対する対照表」への影響有無	ハザードタイトル	ハザード内容	安全設計(制御方法)	検証方法及び結果	指針の対応項目 /該当ハザードレポート
一次電池の搭載台数を7台固定化による中継コネクタブレット、ハーネス等の削除	搭載可能な一次電池台数はこれまで11台と7台で選択可能であったが、今後7台で十分運用可能であることが確認されたため、余った中継コネクタブレット、ハーネス等を削除した。	【影響なし】 7台で電力余裕が十分であることは前号機までに評価済み。右記のとおり安全設計され、検証が完了しており、指針に対する対照表の変更はない。	HTVのISSへの衝突	電源系異常が原因で、HTVがISSに衝突しISSを損傷することで船内の空気が抜け、搭乗員の死傷に至る可能性がある。	【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、2故障許容となる数を搭載する。	a1. 一次電池の容量が十分なマージンを有していることを解析で確認した。 a2. 電池を含む電力系の素材等が有人宇宙機の要求に適合していることを確認した。 a3. 製品検査等により電池やハーネス等の品質に問題が無いことを確認した。 a4. バッテリの性能が良好であることを単体試験で確認した。 a5. 電源系統に異常が発生した場合に冗長系への切り替えが実行されることをシステム試験で確認した。	8. /HTV-0008 ISSへの衝突
電磁適合性(EMC)要求逸脱改善のための回路変更	前号機で確認された電界放射レベルの要求逸脱に対し、発生原因の機器が特定されたため改修した。 (逸脱したのはロケット側の要求であり、ISSの要求は満足)	【影響なし】 右記のとおり安全設計され、検証が完了しており、指針に対する対照表の変更はない。	電磁放射	ISSからの電磁波による電磁干渉により、安全上の機器が誤動作する。またHTVから発せられる電磁波により、ISS或いは他装置の安全上重要な機器が誤動作する。	【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、誤動作しないように設計する。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設計とする。	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)により、要求値内であることを確認した。	4. (2)イ /HTV-0017 電磁放射
運用性向上改善等に対応したソフトウェア変更	前号機での運用結果から変更した。	【影響なし】 ソフトウェアは、右記のとおり安全設計され、検証が完了しており、指針に対する対照表に変更はない。	ソフトウェア	飛行管制、分離機構等のHTVの安全上重要なソフトウェア機能の誤動作により、HTVのISSへの衝突、機器の意図しない分離により他のISS機器へ衝突し、居住モジュールの破損による搭乗員の死傷にいたる。	【故障許容またはリスク最小化設計】 機能喪失がハザードとなる場合、独立した複数機能の搭載する。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複数3重インヒビットをもうける。	ソースコードの審査、ソフトウェア単体試験、シミュレータによる試験により機能を確認した。また、開発部門とは独立した部門による独立評価を実施した。また、検証後のフライトソフトウェア、フライトハードウェアに搭載し、システムとしての機能試験を実施した。	9. (2) 10. (2)ア 10. (2)ウ /HTV-0008 ISSへの衝突
推進モジュール							
RCS、メインスラスターの国産化、及びメインスラスターへの温度センサ、RCSスラスターへのNextelカバー追加	運用機のコスト削減及びキーテクノロジー確保のため、RCS、メインスラスターを国産化した。メインスラスターについては、温度モニタのため温度センサを追加した。 RCSスラスターへのNextelカバーについては、軌道上環境条件により、必要以上にスラスターの温度が上昇することを防ぐために追加した。	【影響なし】 スラスターは、右記のとおり安全設計され、検証が完了(注)しており、指針に対する対照表に変更はない。 (注)射場での推進系ラッチバルブ動作及び継手部リークチェックを除き完了。(4/28完了見込み)	推進系漏洩	HTVの推進系燃料(モノメチルヒドランジン:MMH)、酸化剤(四酸化二窒素:NTO)共に人体には有害であるため、宇宙飛行士の推進系への接触は、推進系を有するHTV固有のハザードとなる。即ち、HTVから大量に推進系が漏洩した場合、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. 前方スラスター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、大量漏洩を避ける。 b. 船外活動中に不意のスラスター開放指令を出さないよう、制御系を停止させる。	a1. バルブが図面通り(リークパスに対して3重に)施工されていることを製品検査で確認した。 a2. バルブ単品及び配管系統の漏洩性能試験により、規定を超えた漏洩が無いことを確認した。 a3. 射場において推進系ラッチバルブ動作及び継手部リークチェックを実施する。(2012/4/28予定) b. 船外活動中は制御系を停止させることを運用制御として識別し、手順に反映した。	4. (3) 6. (1) /HTV-0003 推進系漏洩による汚染
		【影響なし】 スラスターは、右記のとおり安全設計され、検証が完了しており、指針に対する対照表に変更はない。	爆発	HTVの推進系の設計圧より高圧に至る場合には、最悪、爆発に至り、ISSへの構造破壊を引き起こし、宇宙飛行士が死傷する可能性がある。	【リスク最小化設計】 圧力システムの構成品は、適切な材料の選定、最大設計圧及び安全率の設定、破壊管理、適切な溶接等により推進系機器の耐圧設計を行う。	適切に最大設計圧、及び安全率が設定され、試験により耐圧設計の妥当性を評価した。材料識別使用リスト(MIUL)により適切な材料が使用されていることを評価した。 フライト品については、製造工程の検査、図面確認、製品検査による品質検査を実施し、品質に問題が無いことを確認した。	5. (2) 6. (1) /HTV-0007 爆発