安全 5-1-1[1]
(安全 4-1-1)

宇宙ステーション補給機(HTV)に係る安全評価 質問に対する回答 [改訂版]

平成 19 年 5 月 14 日
宇宙航空研究開発機構

説明者:HTV プロジェクトチーム　深津敦
有人システム安全・ミッション保証室　武内信雄

【本資料の位置付け】

本資料は、平成 19 年 4 月 5 日及び同 4 月 13 日に開催された第 2 回及び第 3 回の宇宙開発委員会安全部会における宇宙ステーション補給機(HTV)に係る安全評価についての報告に対して同部会構成員から提出された質問等に対し、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)が回答をまとめたものである。

(改訂歴)

本資料は、平成 19 年 4 月 27 日開催の第 4 回安全部会報告後、同部会の結果を反映した修正を行い、さらに、同部会後に提出された質問を追加する改訂を行った。

H19.05.14 付改訂内容	質問番号	
	2′	追加
	9	修文
	15	図の修正
	17	修文
	18′	追加
	18″	追加
	23	修文

[1] 質問と回答の追加、質問の書き直し、回答の書き直しが発生。

●1.　一般事項に関連する質問

定義

番号	テーマ	質問内容
1	離脱時の定義	安全 2-1-3 p.1「我が国の国際的責任」では，分類 1「打上げ/再突入」と分類 2「接近･係留･離脱」の二つに大きく分類されているが，安全 2-1-4 p.9 では離脱時を SSRM により，HTV がﾘﾘｰｽされるとなっている．一方，同 p.10 では ISS 離脱フェーズ→軌道離脱となっている．分類 2「接近･係留･離脱」の離脱とは，SSRM による機械的な離脱を意味するのですか，軌道からの離脱を意味しているのですか？これにより，不具合時の我が国の国際的責任や安全評価基準の適用範囲が変わってくることになるはずで，厳密に定義し，明らかにしておく必要があるのではないかと考えます．

●2.　HTV に係る安全評価のための基本指針の評価項目からみた質問

⑴　「基本的な考え方」関連

番号	テーマ	質問内容
2	HTV 固有のハザード解析の結果	安全 3-1-3 の資料は理解を得るための説明資料となっており、ハザード解析の説明になっていない。HTV の ISS への衝突や推進薬システムの爆発等、HTV 固有のハザードについては、要因の洗い出し結果等、ハザード解析の結果について示してほしい。
2′	HTV の ISS への衝突ハザード	安全 4-1-1　12 ページの FTA ですが、矢張りここのﾄｯﾌﾟ事象の採用が妥当かどうかです。何故 ISS への衝突でしょうか。内容が狭すぎます。一番の問題は、“ISS を危険に晒す”ではないでしょうか。何故衝突が先に来るのか理解出来ませんでした。危険に晒すにしましたところ、その要因がはっきりしてきました。即ち、通信回線が生きていて、制御系が異常を起こす場合と、通信系が異常の場合があります。その後は順次決定できます。 12 ページのままですと、通信系が表現できません。是非再考をお願いします。この内容は 14 日の最終の原稿に影響すると考えます。
3	ハザード解析	基本指針の 3 項の ⑵ で、”全てのハザードを識別し、”とありますが、これは安全3-1-3の資料の9、10ページで示しているのだろうと思います。次に●の 3 件についてはその後のページで説明していると解釈します。ところで私はハザード解析の資料を見ていませんのでここからは推定ですが、多分具体的には 11 ページの要因の表現ではなく、各故障を相当具体的に分解して仮説を立て、それが衝突に影響するかどうかを決定し、それを除去するか、最小化設計とするかどうかを決めておられるものと思います。この資料では、問題ないとの説明をどうするかを悩まれた結果、素人にはこれで良いのではないかと判断され、最小限の表現に落ち着かれたものと思います。ISS に衝突しないことを国民に代わって評価する以上、NASA が評価したと同じことをする必要があり、どんな仮説が挙げられたかが一番重要と考えます。再度申し上げますが、どんな仮説が取り上げたかを確認しなければ、安全評価にはならないことをご理解下さい。

⑵　「宇宙環境対策」関連

番号	テーマ	質問内容
4	隕石/ﾃﾞﾌﾞﾘの衝突	ハザードの適用フェーズが係留フェーズとされていてこれは「きぼう」で識別されたハザードの〇が記載されています。打ち上げ後から近傍運用フェーズあるいは離脱以後大気圏突入のフェーズにおいても隕石/ﾃﾞﾌﾞﾘの衝突が HTV 特有のハザードとして識別されるべきではないでしょうか？ ALOS ではﾃﾞﾌﾞﾘとの衝突回避ﾏﾆｭｰﾊﾞｰが実施されていると聞きますが、HTV では考慮しないのでしょうか？
5	打上げ時の誘導環境	H-ⅡB の「打上げ時の誘導環境」は H-ⅡA と比べてどのように違うか教えて下さい（審議対象外？）。
6	大気の適切な組成	【安全 3-1-2 付表 5/15】の（ア）雰囲気空気の⑤結合前の異常確認の適切な組成とはどういう組成を意味するのか．質量分析等を行い，大気相当の組成であることを確認するという意味でしょうか？
7	与圧 Carrier におけるハザード	先日のつくば宇宙センターの見学会では、実際に HTV の一部が見れたり、その検査法について見学ができ、非常に有益でした。しかし、全てを見れたのではなく、私の理解がまだついておりません。HTV には与圧 Carrier と非与圧 Carrier がありますが、HTV が ISS にﾄﾞｯｷﾝｸﾞした後、酸素圧の調整等によりﾊｻﾞｰﾄﾞがおこる可能性についてはいかがでしょうか？ 与圧 Carrier と非与圧 Carrier は独立しているのでしょうか？ 非与圧 Carrier からの荷物の出し入れは、ﾛﾎﾞｯﾄｱｰﾑでのみ行うのか、飛行士が行うのでしょうか？その際のﾊｻﾞｰﾄﾞについてはいかがでしょうか？

(3) 「推進」関連

番号	テーマ	質問内容
8	楕円配管についての検討	配管等の凍結防止のために，SFU で検討が行われた楕円配管等は検討しなかったのでしょうか？（「のぞみ」，「はやぶさ」でもヒドラジンの凍結を経験しています．今後の技術試験衛星等で開発ができればと考えています．）

(4) 「誘導・制御」関連

番号	テーマ	質問内容
9	航法センサの誤差	航法センサ群について、同一のセンサが複数設置されている場合、共通の原因で両センサに誤差を生じるケースがある。特に、GPS は外的要因で両センサともに誤差が生じることがあり得ることを注意すべき（太陽活動による影響が最近新聞でも取り上げられた）。
10	無線連絡におけるトラブル	ISS が地球の周囲をおよそ 90 分で一周回っているようですが、ISS、HTV と地上との無線連絡におけるトラブルは全くおきないのでしょうか？
11	通信系リンク	通信系に関して、ISS の直下に接近した場合に、データ中継衛星とリンクをはる場合には、ISS が視野を追って、リンクが張れない場合が生じると思われる。実施時間等で制約ができるのではないか？
12	運用管制のインターフェース	HTV の ISS への接近・係留・離脱に伴い，HTV 自身の運用管制も，JAXA から NASA，NASA から JAXA へと引き渡されることになると思います．そのインターフェイス条件として，どのような項目が満足していればNASAはHTVを引き受けることになるのでしょう？また，離脱後，JAXA はどのような項目が満足していれば引き取ることになるのでしょう？

(5) 「電力」関連

番号	テーマ	質問内容
13	ヒータへの電力供給	ヒータへの電力は常時供給されているのでしょうか．スラスタを利用する前に電力を供給する場合は別途質問があります．
14	HTV の電源系統	1. 電源について 一系統不作動の場合のバックアップ電源の動作テェック、負荷の一部短絡の場合の動作チェック、ヒューズ、ブレイカーのテストなどはどの様に行われていますか。 2. 二次電池のセルの温度のばらつきはどのくらいありますか。温度のばらつきに起因する負荷のばらつきは？ 3. バックアップ用の電源のハーネスは本線とは違う場所ですか。またハーネスの引き回しかた、張力、廻りの物体との擦れ等に関しては ハーネス仕様書で規定するのですか、それとも現物確認で指示をするのですか。 以上最近 電源に関するトラブルが多いので気になっている所です。
15	HTV の電源の安全性	電源の安全問題について、十分議論されていると思います。念のため、資料 3-1-3 p19 のようなブロック図では、電源バス 1，2 が並列になって、機器に電源が供給されているが、このような場合、どちらかの電源に異常（地絡等）があった場合に、冗長系が働かないことが起こりうる図になっている。（簡単なブロック図のためにそのように表記されていると思いますが）
16	電源システム	HTV では，50V，100V，28V（VDE?）のバス電圧が使われています．まだ，100V バスの経験が浅い（たしか MT-SAT 以降？）日本で，複雑な電源システムになることに心配しています．SAP のコネクタ（ADEOS-2？）等は大丈夫ですか？トリプルジャンクションでの放電の可能性は？
17	電源システム	能動的帯電制御を行っている ISS と制御されていない HTV のドッキングに放電等の危険性はないのでしょうか？宇宙プラズマ中での ISS への接近時や SSRM による捕獲時を心配しています．両者の電位差の情報は得られないのでしょうか？【安全 3-1-2 付表 4/15】ウ高真空，微少重力等の 3.プラズマでは，一般的な衛星としての対策「接地の確保」が挙げられているだけで，ISS，HTV 間の帯電電位差による放電等の可能性は考慮されているのでしょうか？今までも，シャトル等が数多くドッキングしており，実際上問題はないのかも知れませんが，過去にずいぶんと多くの研究を積んできた NASA の見解はどうなのでしょうか？「RCS の噴射によって，問題ない」というようなお話をお聞きしたかも知れませんが，プルーム中には帯電を制御・低減できるような荷電粒子はほとんど含まれていませんので，ホローカソードのような電子放出機構を持つ機器ほどは，期待できないのではないでしょうか？
18	圧力リリーフ時の汚染	圧力リリーフを行った際，電池の液は汚染源になりませんか．
18′	電池の試験	リチウムイオンの 2 次電池について、異物を混入させた試験を実施しているか？
18″	バッテリーの無害化処理	高エネルギー源であるバッテリは再突入に先立ち、ISS の係留中に無害化処置はするのでしょうか？

(6) 「信頼性」関連

番号	テーマ	質問内容
19	単一故障点	第3回安全部会では、多重故障あるいは故障連鎖について質問がありました。単一故障点という観点での安全対策の説明が不足していたように思います。たとえば 1) 確実に単一故障点を抽出するために必要なレベルの系統図（信頼性ブロック図）を作成していますか？当然、単一故障点はあると思いますが、ある場合は避けられない根拠は妥当と判断されていますか？ 2) 先回の部会では回路図では発見できない実装段階でのミスが心配されていました。ワイヤハーネス、コネクターの単一故障点を確認するためにハーネス等を系統図に含めていますか？システムクリティカルなハーネスは適切にワイヤードORされていて、単一故障点となっていないか確認していますか？ 3) 「単一故障点」を特出しした審査は行っていますか？また、「単一故障点管理票」が作成されていて、これにより確実に設計が行われたこと、プロセス検査を含めた検証をするように計画されていますか？ 4) 故障の連鎖がクリティカルに至らない設計であることをFTA, FMEA等から抽出した連鎖故障モードに対して確認していますか？ 5) HTV誘導･制御コンポーネント異常に対するセンサー切り替え、計算機切り替え、さらには安全モードへ移行するFDIRの遷移フローが明らかにされ、また、ミッションへの影響が具体的に示され、FDIR処理に問題が無いことが示されていますか？ これらは安全部会に要求されている「JAXAが実施した安全制御方法及び検証方法の妥当性」を判断する際に上述のアイテム等で審議されたことを確認するために必要な情報と思います。
20	システムの独立性	【安全3-1-2付表10/15】(2)信頼性アシステムの独立性に関して,【安全3-1-3】p.4の推進系, p.5の通信データ処理系･･･, p.6の誘導制御系, p.7の電源系のブロックダイアグラムで冗長系が組まれていることが示されていますが, 十分な注意が必要であると考えます. (「冗長系が組まれているから, 安心だ.」ではないという意味では, 拝見する私どもも十分な注意が必要と思っています.) 例えば, 推進系ブロックダイアグラムは配管やバルブ等のメカニカルな冗長を示しているだけであり, 一方, 通信データ処理系, 誘導制御系, 電源系ブロックダイアグラムは電気的な冗長構成を示しているだけです. H-ⅡA F6の導爆線は電気的には冗長構成になっていたが, その機械的レイアウトは冗長系ではなかったと言うことが, 不具合から得られた教訓だと考えています. そういう観点から, 真に冗長構成になっているか, すなわち衛星サブシステム間のインターフェイスと同様に(インターフェイスを持つ以上,不具合が波及する可能性があるのだから),機械的冗長(視野やプルーム, コンタミを含む), 電気的冗長(EMC等を含む), 熱的冗長が各機器で確実にとられているか, 確認することが必要と考えます. (関連質問番号:21～25)
21	推進系配管等のヒータ	推進系配管等のヒータは別系統からとられているか？(電気的冗長構成になっているか？) HCE自身の電気的だけでなく, 機械的, 熱的冗長はとられているか？
22	推進系配管	冗長構成を組む推進系配管等はできる限り, 熱的に隔離された位置に置かれているか. (同時に日陰状態に入ることはないか？)
23	冗長構成の機器が同時に劣化する可能性	コンタミ等によって冗長構成の機器が同時に劣化／機能低下することがないか？ 視野の上でも冗長になっているか？
24	輸入品に対するEnd to End テスト	推進系の場合, 輸入品が多いと思われますが, 十分なEnd to End テストがされているか？推進薬の清浄度は重要な問題ですが, 最後は「ゴミが詰まった(DRTS RCS?)」ということになることを懸念しています. (日本として責任が持てる開発を行うことが, 今後の宇宙開発にとって必要ではと考えています. 輸入品が多いことによる日本独自のトラブルシュートの難しさが起因しているのではないでしょうか？)
25	地上試験が行えない部品に対する検証	導爆線等地上試験が行えない部品に対する十分な試験を行ってください。

●3.　その他

⑴　「ソフトウェア」関連

番号	テーマ	質問内容
26	ランデブ等ソフトウェア構成	近傍ランデブで「FDIR の作動を保証するためにソフトウェア試験を充実させ、独立評価を実施」との記述があり、この独立評価は IV&V のことだと思いますが、そうするとこれは近傍ランデブだけに実施するだけではなく、遠方ランデブ、把持運用のソフトウェア検証にも実施すべきと思います。それとも、これら二つのソフトは mission critical software として識別していないのでしょうか？

⑵　資料修正

番号	テーマ	質問内容
27	関連ハザードレポートのナンバリング	関連ハザードレポート 付表 安全設計結果 には右端に関連ハザードレポートが書き込まれていて、それはたとえば HTV-0002 とナンバリングされていますが、安全 3-1-3 P9、P10 のハザードリストにはナンバリングが無く、その関連が明確でないと思います。
28	安全 3-1-3 p17 系統図の誤記	P17 の系統図に誤記があるので修正すること。

●1.　一般事項に関連する質問

定義

【質問番号 1】離脱時の定義

【質問内容】

安全 2-1-3　p.1「我が国の国際的責任」では，分類 1「打上げ/再突入」と分類 2「接近･係留･離脱」の二つに大きく分類されているが，安全 2-1-4　p.9 では離脱時を SSRM により，HTV がリリースされるとなっている．一方，同 p.10 では ISS 離脱フェーズ→軌道離脱となっている．分類 2「接近･係留･離脱」の離脱とは，SSRM による機械的な離脱を意味するのですか，軌道からの離脱を意味しているのですか？これにより，不具合時の我が国の国際的責任や安全評価基準の適用範囲が変わってくることになるはずで，厳密に定義し，明らかにしておく必要があるのではないかと考えます．

【該当資料】安全 2-1-3　p.1

【回答者】JAXA

【回答内容】

安全 2-1-3　p.1 の分類 2「接近･係留･離脱」で使用されている「離脱」とは、ISS ロボットアームによる機械的な離脱から、HTV が軌道変更を行い ISS に戻ることのない軌道に到達するまでを意味し、「HTV に係る安全評価のための基本指針」で使われている「離脱」も同じ定義です。

一方、安全 2-1-4　p.9 では、「離脱／再突入」として、今回の審議範囲内の「離脱」運用と範囲外の「再突入」運用を合わせて記述してしまい、混乱を招いてしまいました。

また、p.10 の「軌道離脱」は、文字通り、再突入のために軌道を離脱するという意味で使わせていただきました。

●2.　HTV に係る安全評価のための基本指針の評価項目からみた質問

⑴　「基本的な考え方」関連

【質問番号 2】HTV 固有のハザード解析の結果

【質問内容】

安全 3-1-3 の資料は理解を得るための説明資料となっており、ハザード解析の説明になっていない。 HTV の ISS への衝突や推進薬システムの爆発等、HTV 固有のハザードについては、要因の洗い出し結果等、ハザード解析の結果について示してほしい。

【該当資料】安全 3-1-3

【回答者】JAXA

【回答内容】

4 件の HTV 特有のハザードについて、以下の考え方でハザード原因の識別を行いました。具体的な展開を添付図に示します。本文中の(X.X)は、図中の番号です。

⑴　推進薬の船外搭乗員への付着による船内の汚染

①　推進薬の漏洩経路をスラスタバルブの噴射口からの内部漏洩 ⑴ と配管からの外部漏洩 ⑵ に分けて解析致しました。内部漏洩は、機器の故障によるもの (1.1、1.2) と推進薬中の異物によるもの(1.3)とが考えられます。

②　さらに、配管が凍結/その後の溶解により亀裂が貫通し、推進薬の漏洩経路を形成することを考えました ⑶ 。

⑵　ISS への衝突

①　ISS への衝突は、HTV 本体の問題により i) 想定以上の推進力を発生する場合 ⑴ と、ii) 逆に必要な推進力を発生できない場合②に分けてハザード原因を解析しました。さらに、HTV 本体に起因しない原因(3,4,5)を識別しました。

②　HTV 本体の問題として、i)，ii) に共通する事象が誘導制御系の故障 (1.1, 2.1) と推進系の故障 (1.2, 2.2) です。さらに、推進薬中の異物による推進薬の漏洩 (1.2.2) あるいは配管の亀裂貫通箇所からの漏洩 (1.2.3) が意図せぬ推進力になること、さらには環境制御系の故障による船内空気の漏洩 (1.3) が意図せぬ推進力になることを考慮しております。一方で、必要な推進力を発生できない原因として電源異常(電力喪失)(2.3)を加えております。

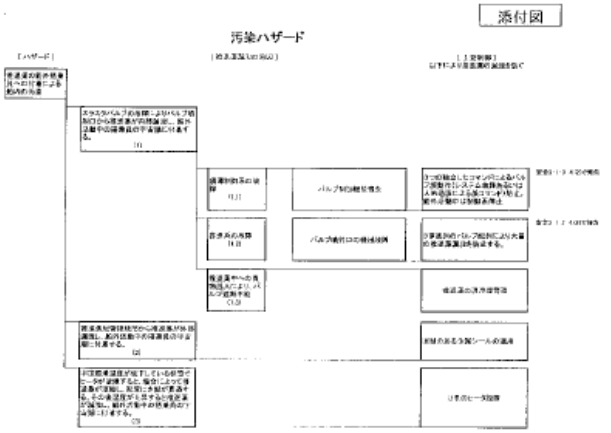
⑶　推進薬システムの爆発

①　i) 設計不良あるいは製造不良 ⑴ による原因、並びに、ii) 例えば推進系への過大な圧力負荷や異常加熱により設計圧力を守れない ⑵ という原因、さらにiii) 推進薬の意図せぬ混合という原因 ⑶ に分けて解析しました。

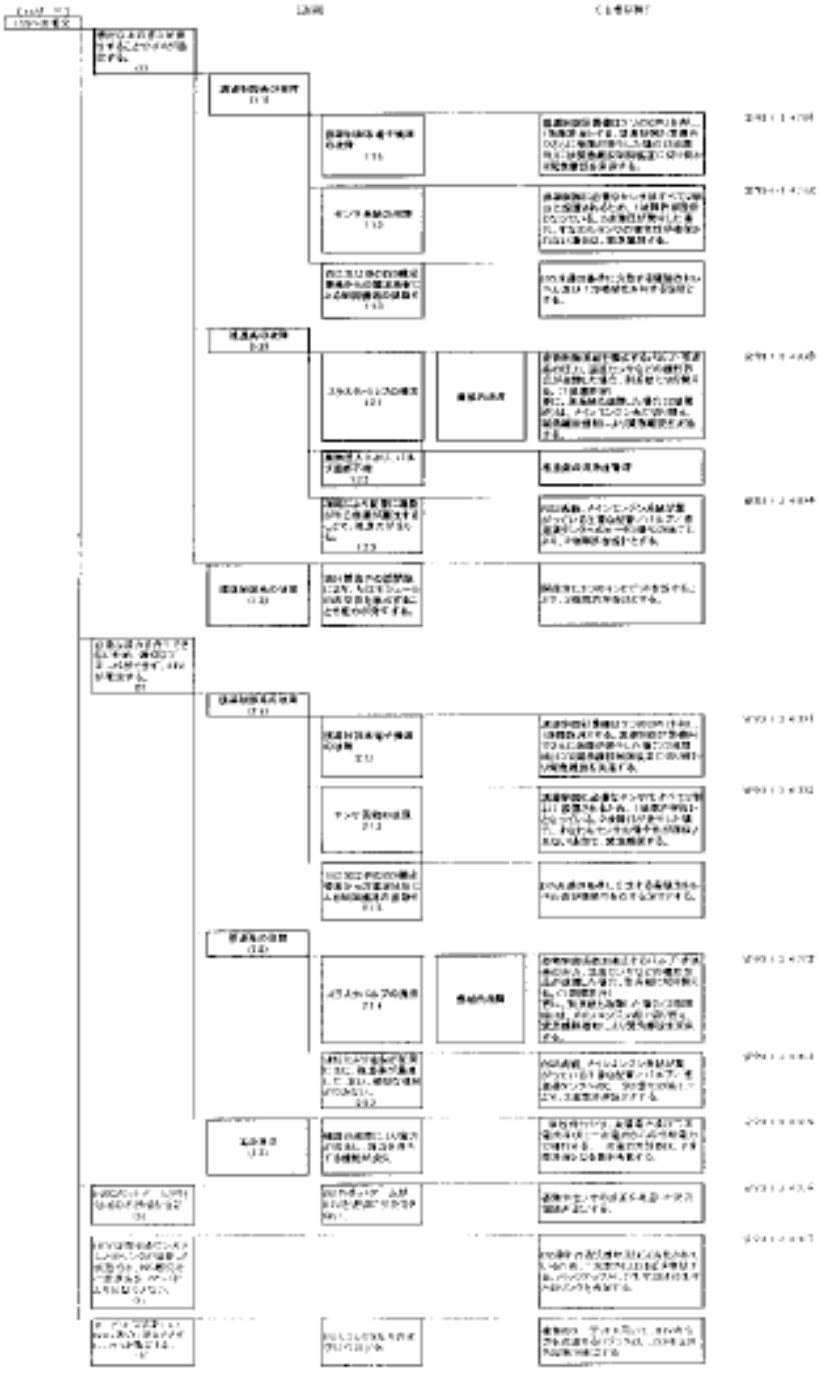
⑷　電池セルの破裂

①　設計不良あるいは製造不良 ⑴ による原因、短絡、電圧制御、異常加熱により設計の前提を守れない(2)という原因に分けて解析しました。

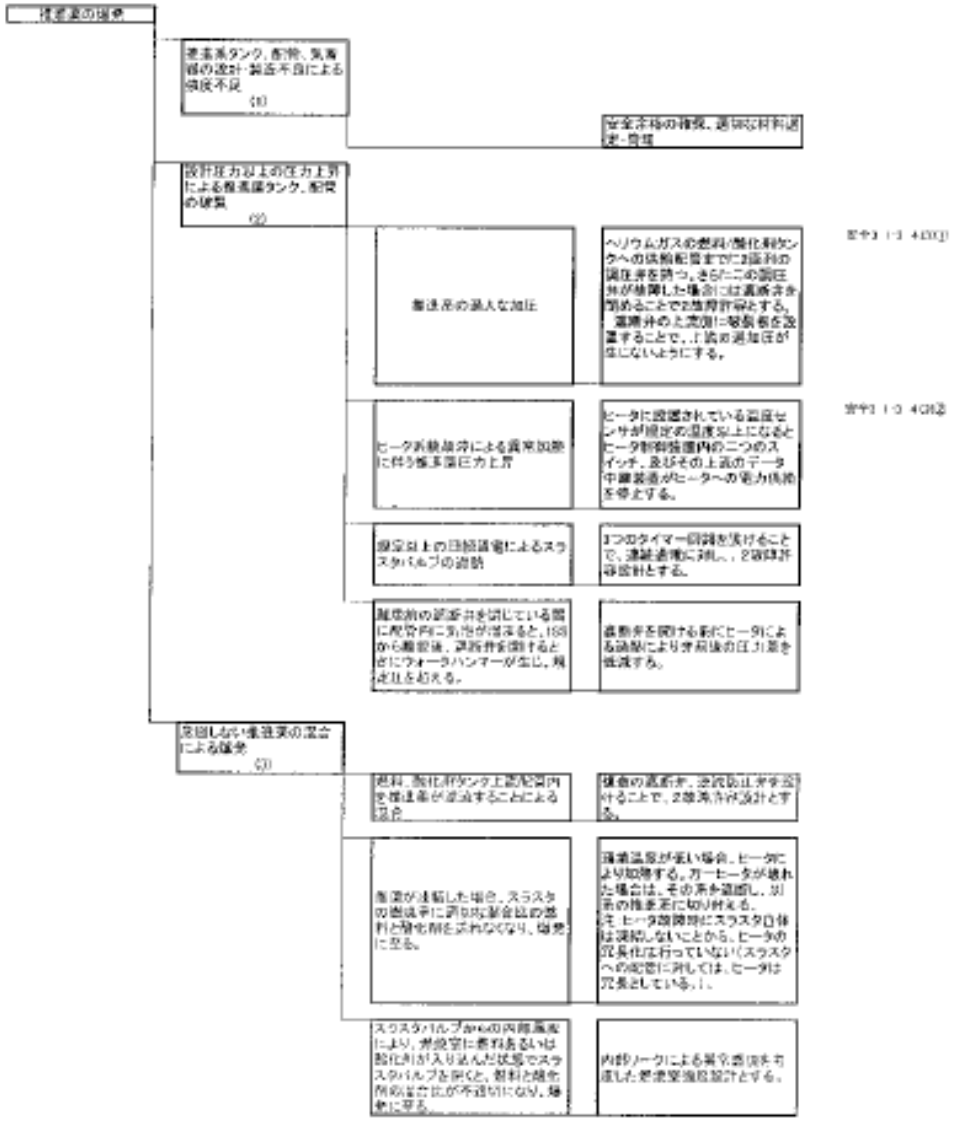
具体的な展開を以下に示します。

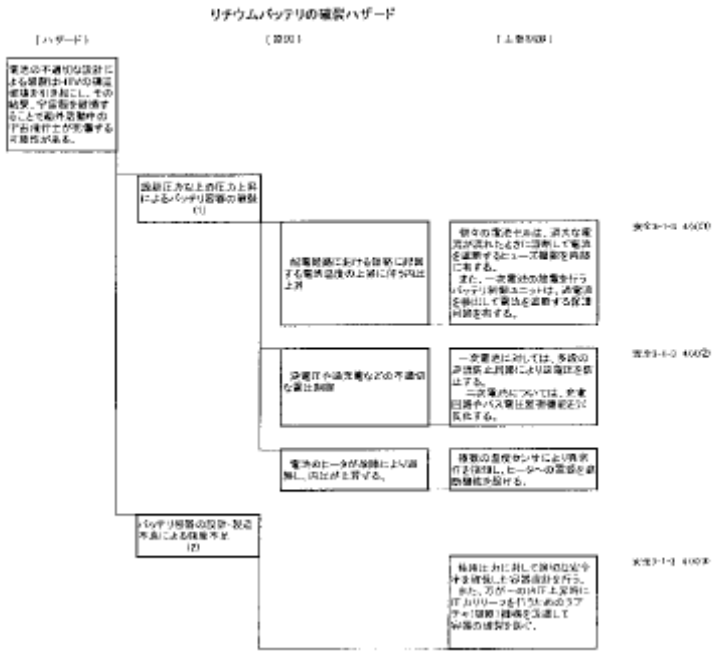


HTVのISSへの衝突ハザード



推進薬の爆発ハザード





【質問番号２′】HTV の ISS への衝突ハザード

【質問内容】

安全 4-1-1　12 ページの FTA ですが、矢張りここのトップ事象の採用が妥当かどうかです。何故 ISS への衝突でしょうか。内容が狭すぎます。一番の問題は、“ISS を危険に晒す”ではないでしょうか。何故衝突が先に来るのか理解出来ませんでした。危険に晒すにしましたところ、その要因がはっきりしてきました。即ち、通信回線が生きていて、制御系が異常を起こす場合と、通信系が異常の場合があります。その後は順次決定できます。 12 ページのままですと、通信系が表現できません。是非再考をお願いします。この内容は 14 日の最終の原稿に影響すると考えます。

【該当資料】安全 4-1-1　質問番号 2 及び 3

【回答者】JAXA

【回答内容】

FTA のトップ事象の設定に関してですが、ご指摘下さいました「ISS を危険に晒す」ことを念頭において全体の FTA を検討しております。即ち、「ISS を危険に晒す」場合の最悪のケースである「ISS 搭乗員の死傷」をトップ事象として設定し、その原因を下位のレベルに展開して FTA を実施しております。

「ISS への衝突」は、「火災」、「減圧」、「汚染」、「爆発」等々と同様に「ISS 搭乗員の死傷」の原因の一つとして識別しております。それらの中で、安全 4-1-1 におきましては、HTV 特有のハザードとして「ISS への衝突」を取り上げ、安全設計結果を説明させていただいたものです。

通信系の故障は、ご指摘の通り、HTV ミッションひいては ISS/HTV の安全確保に影響を及ぼすものです。改めて、ミッションフェーズに応じた通信系全般に対する安全設計を以下に説明します。

HTV には通信系として、対中継衛星データ伝送用処理装置（以下IOS）と近傍域通信システム（PROX）と通信するための対 PROX データ伝送用処理装置（以下PLS）の、計2種類の通信手段を有しております。

通信を考慮して、ミッションフェーズを考えると以下の段階に分けられます。

① HTV が H-2B から分離後、起動し、軌道投入されてから、PROX による ISS との直接通信を可能とするまでのフェーズ

② PROX と ISS で直接通信を行うフェーズ

③ ISS 分離後、PROX との通信域を離れ、再突入のための単独飛行を行っているフェーズ

①と③のフェーズではIOSリンクによる通信を行います。HTV にはIOS用送受信機を2系統搭載しているため、通信システムは1故障許容となっています。従って、HTV のIOSが1系統ダウンしても、飛行を継続可能です。 IOS が 2 系統共に故障した場合には通信手段を喪失しますので、その後のミッション継続は不能となります。

①と③のフェーズでは、単独飛行している HTV の軌道は ISS の軌道と干渉しないように、ISS の軌道から所定の距離（最も ISS 軌道に近い場合、接近時で約 3 km、離脱時で約 5 km）下方へ離れた軌道となっています。そのため、万一、IOS が 2 系統ダウンした場合でも、HTV は現状の軌道での飛行を維持することになるため ISS と衝突することはありません。

上記より、IOS リンクの喪失は、衝突の直接的な原因とはなりませんので、「安全 4-1-1 の質問番号 2」の回答申の FTA には入れませんでした。

係留時を除いた、ISS への接近から離脱までの ISS 近傍領域での通信（②のフェーズ）は、PROX と PLS のリンクを使用します。また、HTV が ISS 直下の極近傍に位置した際、そのときのデータ中継衛星の位置によってはアンテナの視野制約（ISS による通信遮蔽）によりデータ中継衛星との通信が困難となる場合もありますが、基本的に IOS リンクを PROX と PLS リンクのバックアップとして使用することが可能です。PLS は 2 系統構成となっていますので、近傍領域においては、通信システムは少なくとも 1 故障許容となっています。従って、PLS が 1 系統ダウンしても、冗長系の PLS を利用して安全にミッションを継続可能です。PROX と PLS リンクが 2 系統共にダウンした際には、自動制御により緊急離脱することで ISS への衝突を回避します。この場合の HTV の状況は、バックアップとして使用する IOS リンク経由で確認することが可能です。なお、ISS への接近或いは離脱時には、HTV はどの場所からでも ISS に危害を加えることなく安全に緊急離脱できることが解析によって確認されています。

「安全 4-1-1 の質問番号 2」では、PROX リンクの喪失を原因とする衝突ケースとして回答に入れました。

【質問番号 3】ハザード解析
【質問内容】
基本指針の 3 項の ⑵ で、”全てのハザードを識別し、”とありますが、これは安全 3-1-3 の資料の 9、10 ページで示しているのだろうと思います。
次に●の 3 件についてはその後のページで説明していると解釈します。ところで私はハザード解析の資料を見ていませんのでここからは推定ですが、多分具体的には 11 ページの要因の表現ではなく、各故障を相当具体的に分解して仮説を立て、それが衝突に影響するかどうかを決定し、それを除去するか、最小化設計とするかどうかを決めておられるものと思います。この資料では、問題ないとの説明をどうするかを悩まれた結果、素人にはこれで良いのではないかと判断され、最小限の表現に落ち着かれたものと思います。ISS に衝突しないことを国民に代わって評価する以上、NASA が評価したと同じことをする必要があり[2]、どんな仮説が挙げられたかが一番重要と考えます。再度申し上げますが、どんな仮説が取り上げたかを確認しなければ、安全評価にはならないことをご理解下さい。
【該当資料】安全 3-1-3
【回答者】JAXA
【回答内容】
質問番号 2 でお答え致します。

[2] 「NASA が評価したと同じことをする必要がある。」のであれば、同じだけの時間が掛かる。それは出来ないであろうから、幾つかの例でそれを行なうのではないだろうか。

⑵　「宇宙環境対策」関連

【質問番号 4】隕石/デブリの衝突
【質問内容】
ハザードの適用フェーズが係留フェーズとされていてこれは「きぼう」で識別されたハザードの〇が記載されています。打ち上げ後から近傍運用フェーズあるいは離脱以後大気圏突入のフェーズにおいても隕石/デブリの衝突が HTV 特有のハザードとして識別されるべきではないでしょうか？　ALOS ではデブリとの衝突回避マニューバーが実施されていると聞きますが、HTV では考慮しないのでしょうか？

【該当資料】安全 3-1-3　p.9

【回答者】JAXA

【回答内容】
⑴　打上げ前から近傍運用フェーズあるいは離脱以後大気圏突入のフェーズにおいて、HTV は、以下の対応をとります。
①　打上げに際し、米国のレーダ網で追尾して得られる軌道情報を基に、米国と協力して隕石/デブリに衝突しない飛行経路を決定し、HTV を飛行させます。
②　単独飛行中、ISS に到着するまで、米国がレーダ網による追尾を基に隕石/デブリの衝突を新たに予測した場合、米国は日本に衝突の可能性を伝え、日米協力して HTV の飛行経路の変更を行います。
③　HTV が ISS から離脱するに当たり、打上げ時と同様、米国のレーダ網で追尾して得られる軌道情報を基に、米国と協力して

隕石/デブリに衝突しない飛行経路を決定し、HTV を飛行させます。

⑵ 従いまして、ご指摘のように隕石/デブリの衝突を回避しつつ単独飛行を行うわけですが、ハザード上は打上げからの単独飛行での対処としております都合上、●と致しませんでした。ご了解いただければ、当該表の“衝突ー隕石/デブリの衝突”に注記で、「HTV は、打上げあるいは離脱時、限石/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」という追記を入れさせていただきたいと存じます。

【質問番号 5】打上げ時の誘導環境

【質問内容】

H-ⅡB の「打上げ時の誘導環境」は H-ⅡA と比べてどのように違うか教えて下さい（審議対象外？）。

【該当資料】安全 3-1-2

【回答者】JAXA

【回答内容】

打上げ時の誘導環境としては、加速度、振動、音響、熱、等がありますが、H-ⅡA 標準型の打上げ時の誘導環境と比較した場合の、H-ⅡB 打上げ時の誘導環境の主要な相違点は音響環境条件です。

H-ⅡB の音響環境条件は、H-ⅡA 標準型の実測環境をベースに、エンジンが 2 基になった影響及び固体ロケットブースタが 4 本となった影響を考慮して、H-ⅡA 標準型に比較して全周波数帯において音響環境条件が増大しています。

また、HTV を搭載する場合は、HTV の搭載形状（フェアリング内に HTV がほぼ隙間なく詰まっている）を考慮して、上記に加えて一部の周波数帯で更に音響環境条件を増大させています。

なお、HTV はこの環境に耐える見込みで、検証を進めているところであります。

【質問番号 6】大気の適切な組成

【質問内容】
【安全 3-1-2 付表 5/15】の（ア）雰囲気空気の⑤結合前の異常確認の適切な組成とはどういう組成を意味するのか．質量分析等を行い，大気相当の組成であることを確認するという意味でしょうか？

【該当資料】安全 3-1-2 付表 5/15

【回答者】JAXA

【回答内容】
適切な組成とは、大気相当の組成のことで、その成分毎に濃度を規定しています。
分析には、ガスクロマトグラフィーを用います。打上げ前に与圧キャリアへの乾燥空気によるパージを計画していますので、パージ後に与圧キャリア内の空気をサンプリングして分析する予定です。

【質問番号 7】与圧 Carrier におけるハザード

【質問内容】
先日のつくば宇宙センターの見学会では、実際に HTV の一部が見れたり、その検査法について見学ができ、非常に有益でした。しかし、全てを見れたのではなく、私の理解がまだついておりません。 HTV には与圧 Carrier と非与圧 Carrier がありますが、HTV が ISS にドッキングした後、空気圧の調整等によりハザードがおこる可能性についてはいかがでしょうか？与圧 Carrier と非与圧 Carrier は独立しているのでしょうか？非与圧 Carrier からの荷物の出し入れは、ロボットアームでのみ行うのか、飛行士が行うのでしょうか？その際のハザードについてはいかがでしょうか？

【該当資料】－

【回答者】JAXA

【回答内容】
HTV が ISS にドッキングした後の、空気圧の調整等に関連するハザードとしては、船内空気の過加圧による構造破壊、及び船内空気の漏洩による減圧を考慮しております。
なお、HTV の与圧キャリアと非与圧キャリアは、構造的には結合されていますが、機能的には独立しています。
非与圧キャリアの荷物の出し入れは、ロボットアームのみで行います。
手順としては、非与圧キャリアから曝露パレット（荷物を乗せた引き出しのような装置）を ISS ロボットアームで取り出し、「きぼう」ロボットア

ームに持ち替え、「きぼう」船外パレットに取り付けます。その後、「きぼう」ロボットアームにより荷物を取り外しあるいは取り付けます。
　個々のロボットアームによる移送については、NASA あるいは「きぼう」の所掌になり、それぞれ安全制御がなされます。 HTV としては、“曝露パレットあるいは荷物が適切に相手方に固定されていないために浮遊し ISS に衝突することを考慮する必要がありますので、「浮遊物の ISS への衝突」ハザードとして識別しています。

⑶　「推進」関連

【質問番号 8】楕円配管についての検討

【質問内容】
　配管等の凍結防止のために,SFU で検討が行われた楕円配管等は検討しなかったのでしょうか？（「のぞみ」,「はやぶさ」でもヒドラジンの凍結を経験しています．今後の技術試験衛星等で開発ができればと考えています.）

【該当資料】－

【回答者】JAXA

【回答内容】
　楕円配管は、配管凍結に有効であるため開発初期に検討しましたが、以下の理由で通常の真円配管を用いることとしました。

- HTV は推進薬として NTO/MMH を使用しており、ヒドラジンよりも凍結温度が低い。（NTO で-11℃、MMH: -52℃、ヒドラジンレ 1.6℃）
- 楕円配管としても凍結－融解時の体積膨張による破損を防止できるのは配管部のみであり、遮断弁等での破損の可能性が依然として残るため、宇宙ステーションの安全要求を満足させるためには、どうしても凍結させないこと、即ちヒータ系統の冗長性が必要であること。
- 推進薬配管の担当会社の楕円配管に関する経験が十分ではなく、また、NTO/MMH 系への適用事例もなかったこと。

⑷　「誘導･制御」関連

【質問番号 9】航法センサの誤差

【質問内容】

航法センサ群について、同一のセンサが複数設置されている場合、共通の原因で両センサに誤差を生じるケースがある。特に、GPS は外的要因で両センサともに誤差が生じることがあり得ることを注意すべき（太陽活動による影響が最近新聞でも取り上げられた）。

【該当資料】－

【回答者】JAXA

【回答内容】

共通原因による故障については JAXA 内及び NASA とも重要な要素であると認識し、以下のような対策を講じています。

① 多重航法センサ群(安全 4-1-4 p.7)を構成する個々のセンサについて、冗長構成のセンサを物理的に離して設置することにより、コンタミによる同時故障や温度依存による同時劣化等の影響を極力緩和すること。

② 地球センサによる姿勢推定値と、慣性センサ/ジャイロの出力の積分による姿勢推定値を比較する等、異種のセンサのデータ比較を行うこと。

なお太陽活動による GPS システム全体への影響については、最も精度を要求される最終接近フェーズにおいては、宇宙ステーションに搭載されている同一機種の GPS 機器から出力されるデータとの差分を取ることにより、共通要因による誤差を取り除くこととしています。

【質問番号 10】無線連絡におけるトラブル

【質問内容】

ISS が地球の周囲をおよそ 90 分で一周回っているようですが、ISS、HTV と地上との無線連絡におけるトラブルは全くおきないのでしょうか？

【該当資料】－

【回答者】JAXA

【回答内容】

ISS、HTV と地上との無線連絡におけるトラブルを想定した上で以下の対応をとります。

ISS から離れた場所を単独飛行している時、データ中継衛星を介して ISS 及び地上との通信を行います。 HTV には、2 系統の対中継衛星データ伝送用処理装置を装備しており、1 系統に故障が発生した場合、他系を用いて通信します。

ISS の近傍領域では、2 系統の近傍域通信システム（PROX）を用い、HTV と ISS 間で直接通信します。また、ISS 経由で地上との通信が可能です。1 系統の PROX が故障しても、残りの系で通信が可能です。さらに、データ中継衛星を介しても ISS 及び地上との通信が可能ですが、ISS の極近傍では ISS に視界を連られて通信が途絶える場合がありますので、補助的な通信手段として使用します。

なお、ISS に係留中は ISS 経由で地上と通信します。

【質問番号 11】通信系リンク

【質問内容】
通信系に関して、ISS の直下に接近した場合に、データ中継衛星とリンクをはる場合には、ISS が視野を遮って、リンクが張れない場合が生じると思われる。実施時間等で制約ができるのではないか？

【該当資料】－

【回答者】JAXA

【回答内容】
ご指摘の通り、HTV が ISS の直下に接近した場合には、ISS に視野を遮られてデータ中継衛星とのリンクが取れない場合があります。
ISS の近傍領域では、近傍域通信システム（PROX）2 系統運用を行うため、データ中継衛星とのリンクの途絶は、運用制約になりません。
万一、故障により PROX I 系統の通信が途絶した場合、データ通信衛星の視野が確保され通信リンクが確立されるまで HTV の運用を中断し、残った PROX と合わせて、計 2 回線の通信リンクを確保した後に運用を再開しますので、本運用制約がかかることとなります。

【質問番号 12】運用管制のインターフェース

【質問内容】
HTV の ISS への接近・係留・離脱に伴い,HTV 自身の運用管制も,JAXA から NASA, NASA から JAXA へと引き渡されることになると思います. そのインターフェイス条件として, どのような項目が満足していれば NASA は HTV を引き受けることになるのでしょう？また, 離脱後, JAXA はどのような項目が満足していれば引き取ることになるのでしょう？

【該当資料】－

【回答者】JAXA

【回答内容】
HTV 自体の運用管制は、単独飛行から ISS への接近、離脱そして再突入まで日本が行います。ただし、ISS に接近する際及び離脱する際に NASA の接近許可と離脱許可が必要になります。
この ISS 接近の許可を得る条件には以下のようなものがあります。

- HTV のステータスは健全か
- HTV の飛行している軌道はあらかじめ決められたものに従っているか
- ISS 側の受け入れ態勢（ISS 姿勢制御やロボットアームの状況）ができているか
- クルーが HTV 接近をモニタする準備（相互通信やカメラモニタ）ができているか
- そして初号機だけは、「アボート等の安全確保手段は、事前に

軌道上実証されているか」という事項が加わります。

また、ISS 離脱に関し、NASA の許可を得る条件には以下のようなものがあります。

- ISS 側の離脱体制（ISS 姿勢制御やロボットアームの状況）ができているか
- クルーが HTV 離脱をモニタする準備（キ目互通信やカメラモニタ）ができているか

一方で、日本側では、ISS 離脱に必要な条件には以下のようなものがあります。

- HTV のステータスは健全か
- 再突入までの飛行計画が完了しており、その妥当性・安全性が確認されているか
- HTV の離脱、再突入に必要な誘導制御パラメータが正しく設定されているか
- 離脱、再突入をモニタする衛星間通信システムネットワークの準備ができているか

上記を確認し、万一問題があれば、離脱を延期することになります。

(5) 「電力」関連

【質問番号 13】ヒータへの電力供給

【質問内容】

ヒータへの電力は常時供給されているのでしょうか．スラスタを利用する前に電力を供給する場合は別途質問があります．

【該当資料】安全 3-1-2

【回答者】JAXA

【回答内容】

ヒータへの電力は、常時供給や、スラスタ利用前の供給ではなく、各部の温度を監視している温度制御システムにより、規定の温度を下回った部分に供給されます。

打上げまでは空調によって温度が一定に保たれているため、通常、打上げ前はヒータへは通電しません。打上げ直前に、全系（メインエンジン、RCS スラスタを含む）の温度制御システムを起動し、温度状況に応じてヒータへの電力供給が実施されます。

なお、この温度制御システムは制御するヒータの状態を多重のセンサによりリアルタイムで監視し、ヒータ故障によって想定されるハザード事象を多重の手段で防止する設計としております。

【質問番号 14】HTV の電源系統

【質問内容】
1. 電源について
　１系統不作動の場合のバックアップ電源の動作チェック、負荷の一部短絡の場合の動作チェック、ヒューズ、ブレイカーのテストなどはどの様に行われていますか。
2. 二次電池のセルの温度のばらつきはどのくらいありますか。温度のばらつきに起因する負荷のばらつきは？
3. バックアップ用の電源のハーネスは本線とは違う場所ですか。またハーネスの引き回しかた、張力、廻りの物体との擦れ等に関してはハーネス仕様書で規定するのですか、それとも現物確認で指示をするのですか。
　以上最近　電源に関するトラブルが多いので気になっている所です。

【該当資料】安全 3-1-3　p.7

【回答者】JAXA

【回答内容】
1. について
　資料「安全 3-1-3」ｱページに記した２つの主電源バスは、飛行中、同時に動作させ、通常運用中は負荷を半分ずつ分担します。飛行中に１系統のバスに地絡等の短絡故障がある場合、残った系が ISS からの離脱等の安全化処置に必要な電力を供給します。試験においては、各主電源バスがそれぞれに独立して電源供給機能があることを確認します。また主電源バスは、負荷への電力出力部に過電流保護回路(ヒューズやブレーカ機能)を装備しています。ブレーカ機能を持つ電子遮断回路については、試験において過電流を流すことにより、全ての系統が所定の遮断電流で動作することを確認します。ヒューズにより遮断を行う回路は、ヒューズを実際に作動させるわけには行かないので、負荷の入力部で短絡が生じた場合にヒューズの作動定格の少なくとも 2 倍以上の溶断電流が流れることを全てのヒューズのラインについて回路シミュレーションにより確認しています。なお、ヒータ等グループ化されている負荷を除き、コンポーネント単位で全ての負荷が独立に配電され、独立に遮断回路をもっているため、一つの負荷の短絡故障が他のコンポーネントの電源遮断を引き起こすような故障波及を生じないようにしています。
2. について
　HTV の二次電池組立は１系統であり、軌道上での高温環境及び低温環境を模擬した試験において、セル間の温度のばらつきは数度以内であることを確認しております。この温度ばらつきに起因する各電池セルの特性のばらつきは、電池組立として要求する電圧や電流の性能に影響を与える程では無いと考えております。
　一方、一次電池組立は 11 系統あり、搭載場所による温度のばらつきにより起電圧がばらつきます。一次電池は並列で放電し、起電圧の高い電池からの放電電流は一時的に増えますが、放電が進むと電池電圧は下がるため、最終的には各電池が平均的に放電することとなります。
　万一、特定の一次電池の放電が他に比べて進む場合、地上から電池の状態を監視しておりますので、バッテリ放電制御器により、その系を切り離します。
　なお、ヒータ系への最大電流供給を考慮しても一次電池の放電能

力は十分なマージンを有しており、また、総電力量においても十分なマージンを有しています。

3. について

2つの主電源バスは、それを構成する機器が独立していますので、機器周辺部は、別々の引き回しになっていますが、システム全体では空間的制約から集合せざるを得ないところがあります。ワイヤハーネス類の実装状態の確認方法ですが、まずワイヤハーネス図面及びワイヤハーネスインストール図面等より具体的な図面の点検を行うことで、機体構造や配管から適切なクリアランスが確保できていること、コネクタ部へのストレス印加が防止できていること等を確認します。さらに実機の艤装を行う段階では、上記で識別された箇所を重要点検項目とします。なお本件については、JAXA 内でも指摘が挙がっており、今後、重点的な確認を行うとともに、確実な実装を行うため、過去の不具合事例を参考に JAXA 及びメーカとの認識の共有を進めて行くこととしています。

【質問番号 15】HTV の電源の安全性について

【質問内容】

電源の安全問題について、十分議論されていると思います。念のため、資料 3-1-3 P19 のようなブロック図では、電源バス 1, 2 が並列になって、機器に電源が供給されているが、このような場合、どちらかの電源に異常(地絡等)があった場合に、冗長系が働かないことが起こりうる図になっている。

(簡単なブロック図のためにそのように表記されていると思いますが)

【該当資料】安全 3-1-3　p.19

【回答者】JAXA

【回答内容】

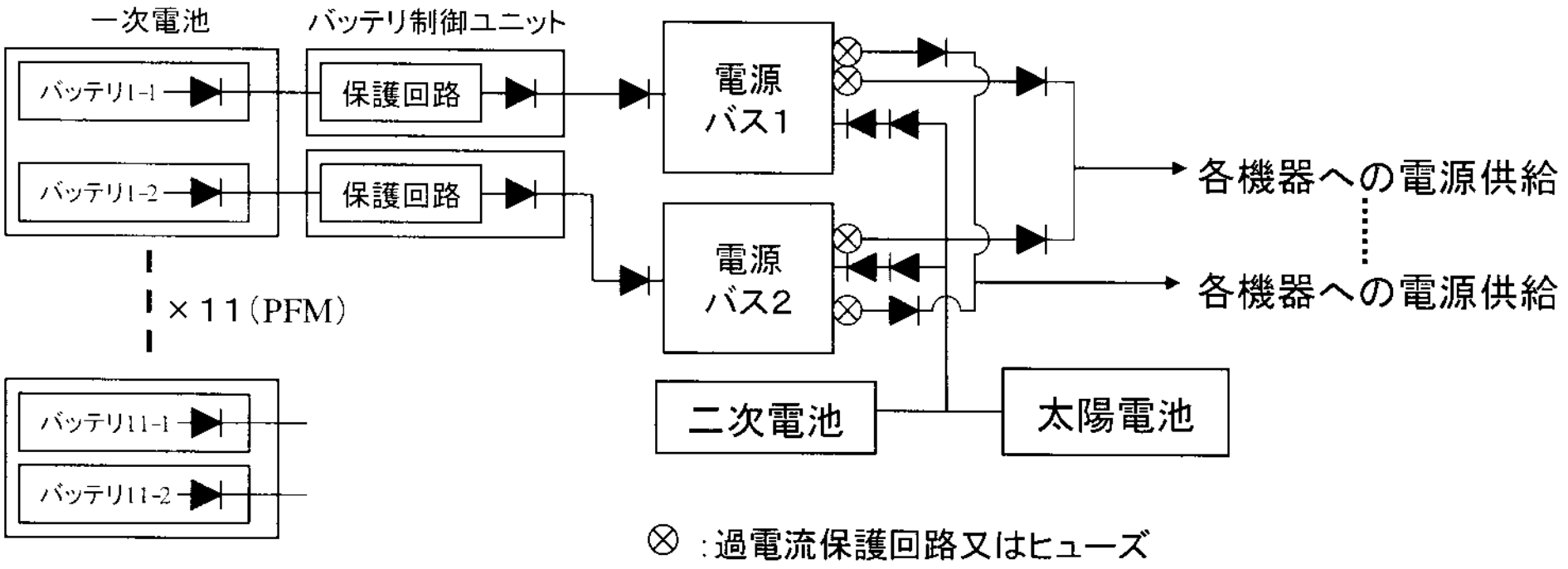
お察しのとおり、安全 3-1-3　p.19 の図は、冗長系の概念を表したもので、実際には、電源バス 1 と 2 の間は、ダイオードで電気的に切り離すことで、万一の地絡等への対策としております。

なお、電源バスに地絡があった場合には、太陽電池及び 2 次電池系が地絡し使えなくなります。しかし、それぞれの電源バスにつながる一次電池は、安全化処置に必要な電力を供給することができます。

参考のため、上記の地絡対策を表した参考図を添付します。

また、ご指摘の安全 3-1-3 p.19 のブロック図を添付のとおり差し替えます。

（参考図）


一次電池
バッテリ制御ユニット
バッテリ1-1
バッテリ1-2
保護回路
保護回路
×11（PFM）
バッテリ11-1
バッテリ11-2
電源
バス1
電源
バス2
二次電池
太陽電池
各機器への電源供給
各機器への電源供給
⊗ ：過電流保護回路又はヒューズ

添付

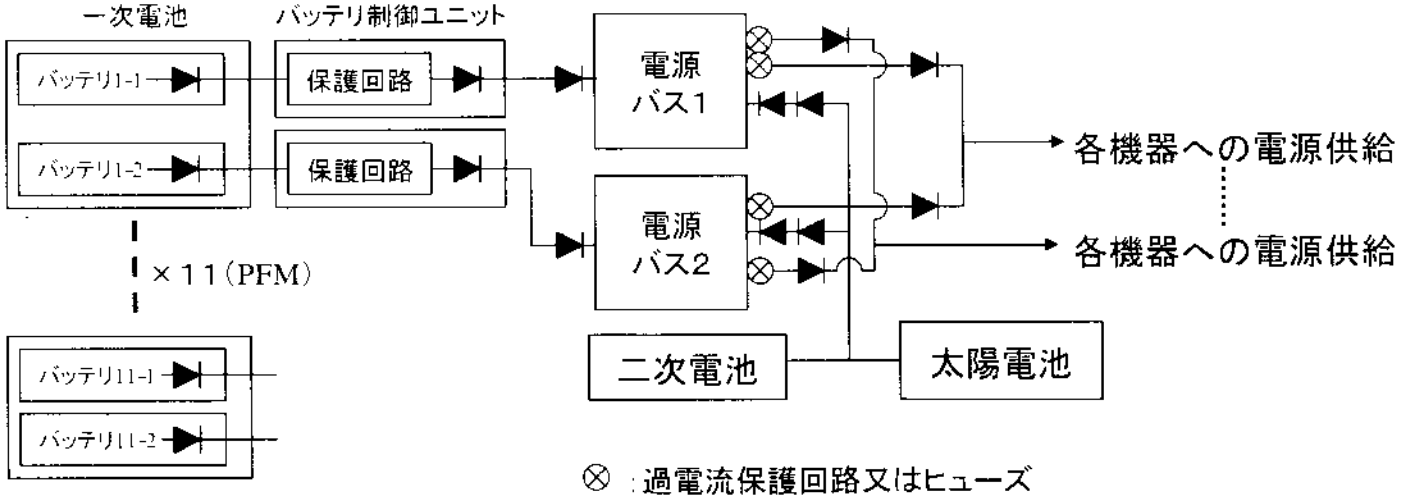
4. HTV特有のハザードと安全設計概要
(1) HTVのISSへの衝突
⑤電源異常

＜ハザード制御方法＞

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。

＜検証方法＞

- 必要なマージンを有する電池容量であることの解析
- 有人宇宙機の要求に従った素材の選定と工程の管理
- 製造工程の確認、図面確認等による品質検査及び電線ハーネスの施工の確認
- フライトに使用するバッテリー単体毎の機能試験による性能保証
- 通信、誘導制御機器と組み合わせたシステム試験の実施により、電源系統の性能試験、冗長系への切り替え試験の実施



⊗ ：過電流保護回路又はヒューズ

【質問番号 16】電源システム

【質問内容】
HTV では, 50V, 100V, 28V (VDE?) のバス電圧が使われています. まだ, 100 V バスの経験が浅い (たしか MT-SAT 以降？) 日本で, 複雑な電源システムになることに心配しています. SAP のコネクタ (ADEOS-2？) 等は大丈夫ですか？ﾄﾘﾌﾟﾙｼﾞｬﾝｸｼｮﾝでの放電の可能性は？

【該当資料】－

【回答者】JAXA

【回答内容】
HTV は、飛行中は太陽電池と一次電池/二次電池による 50 V 系バスを使用します。個々の技術開発要素はありますが、50 V 系バスは、従来の人工衛星で実績のあるシステムです。一方係留中は、宇宙ステーションの 120 V 電力にインタフェースする必要があります。このインタフェースは JEM と同等であり、HTV の設計は JEM の開発をベースにしています。 HTV の電源系は、これらを突き合わせた複雑なシステムですが、従来の経験を基に注意深く開発を進めています。
ご指摘の SAP のコネクタは、従来の太陽電池パネルで実績のある品種であり、ハーネスの取付け等の製造･加工においては、過去の衛星不具合の推定原因の要素を排除していることを水平展開により確認しています。 ﾄﾘﾌﾟﾙｼﾞｬﾝｸｼｮﾝの太陽電池セルを採用したパネルはﾌﾗｲﾄ実績がありますが、HTV のパネル設計においては隣り合うセルの電圧差がある値を超えないように配列を工夫するとともに、セルの間隔をｼﾘｺﾝ系太陽電池よりも広げています。また過去の衛星の不具合原因究明において実施された試験と同様のプラズマ環境での放電試験を模擬パネルに対して実施しており、軌道上環境で放電が発生しないことを確認しています。

【質問番号 17】電源システム

【質問内容】

~~添付資料「IAC-04-T.2.03_AIred.pdf」は，ISS での能動的帯電制御に関する報告です．このように帯電制御された ISS と制御されていない HTV のドッキングに放電等の危険性はないのでしょうか？宇宙プラズマ中での ISS への接近時や SSRM による捕獲時を心配しています．両者の電位差の情報は得られないのでしょうか？【安全 3-1-2 付表 4/15】ウ高真空，微少重力等の③プラズマでは，一般的な衛星としての対策「接地の確保」が挙げられているだけで，ISS，HTV 間の帯電電位差による放電等の可能性は考慮されているのでしょうか？~~

~~今までも，シャトル等が数多くドッキングしており，実際上問題はないのかも知れませんが，過去にずいぶんと多くの研究を積んできた NASA の見解はどうなのでしょうか？~~

~~「RCS の噴射によって，問題ない」というようなお話をお聞きしたかも知れませんが，プルーム中には帯電を制御・低下させるような荷電粒子はほとんど含まれていませんので，ホローカソードのような電子放出機能を持つ機器ほどは，期待できないのではないでしょうか？貴機構では五家建夫さん，松岡均さん，中村雅夫さんらがご研究を重ねてきていると思います．（例えば，「第5回宇宙飛翔耐環境研究会報告書」，日本航空宇宙学会誌 vol.51, N0.591, N0.604 までの「宇宙環境での帯電・放電現象についての研究動向と将来課題」等）~~

【質問内容】

能動的帯電制御を行っている ISS と制御されていない HTV のドッキングに放電等の危険性はないのでしょうか？宇宙プラズマ中での ISS への接近時や SSRM による捕獲時を心配しています．両者の電位差の情報は得られないのでしょうか？【安全 3-1-2 付表 4/15】ウ高真空，微少重力等の 3.プラズマでは，一般的な衛星としての対策「接地の確保」が挙げられているだけで，ISS,HTV 間の帯電電位差による放電等の可能性は考慮されているのでしょうか？今までも，シャトル等が数多くドッキングしており，実際上問題はないのかも知れませんが，過去にずいぶんと多くの研究を積んできた NASA の見解はどうなのでしょうか？「RCS の噴射によって，問題ない」というようなお話をお聞きしたかも知れませんが，プルーム中には帯電を制御・低減できるような荷電粒子はほとんど含まれていませんので，ホローカソードのような電子放出機構を持つ機器ほどは，期待できないのではないでしょうか？

【該当資料】－

【回答者】JAXA

【回答内容】

HTV は、ISS ロボットアームで把持され、ISS に係留されます。このため、帯電電位差が問題になる場面は、ISS ロボットアームが HTV を把持する際であります。

ISS ロボットアームは、HTV に取付けられた把持機構（グラブル・フィクスチャ）を把持します。この把持機構と HTV の構造体の間は、5 kΩ の抵抗（DC）を持たせることで、電流が急激に流れないようにしており、放電等に配慮した設計になっております。

【質問番号 18】圧力リリーフ時の汚染

【質問内容】
圧力リリーフを行った際，電池の液は汚染源になりませんか．

【該当資料】安全 3-1-3

【回答者】JAXA

【回答内容】
この電池は密閉型でありますが、万一の破裂に備え、ラプチャ機構による圧力リリーフ機能を持たせているため、電解液が電池セル単体から出ないとは言い切れません。しかし、ラプチャ機構の対面は電気の箇体で囲まれ、さらに電気モジュールを多層断熱材が覆っているため、電池セル単体から出た電解液のほとんどは電気モジュール内に留まり、宇宙環境に出たとしてもその量は微量と考えておりますので、電池の圧力リリーフが搭乗員や宇宙ステーションへの汚染源になることは無いと考えております。
なお、係留中、蓄電池系統は負荷から外されており、停電時以外は使用しません。また係留中の熱環境が圧力リリーフに至る程の内圧上昇をもたらすことがないことを確認しております。また、蓄電池を使用している場合でも、安全 3-1-3 でご紹介したように、配電経路における短絡対策、及び、逆充電や過充電等への電圧制御により電池の破裂を防いでおります。

【質問番号 18＇】電池の試験
【質問内容】
リチウムイオンの 2 次電池について、異物を混入させた試験を実施しているか？
【該当資料】－
【回答者】JAXA
【回答内容】
ノート型 PC 等に用いられる小型電池を対象としたリチウムイオン 2 次電池の安全性試験に関する、電子情報技術産業協会及び電池工業会の動きについては、JAXA 総合技術研究本部でも承知しており、今後の宇宙用電池における対応を電池メーカと議論しているところです。
HTV に使用するリチウムイオン電池は、宇宙ステーションの安全要求に適合するよう、適切な充放電制御、温度制御、外部短絡対策、内部短絡対策等を行うとともに、釘刺し、圧壊、外部過熱等の安全性試験を実施してきておりまして、これまで異物を混入させた試験は実施しておりません。
当該リチウムイオン電池は 100 AH を超える容量ですので、数 AH の小型電池との違いを考慮し、上記の総合技術研究本部の動きと連携して今後の対応を検討したいと考えております。

【質問番号 18〃】バッテリの無害化処理
【質問内容】
　高エネルギー源であるバッテリは再突入に先立ち、ISS の係留中に無害化処置はするのでしょうか？
【該当資料】安全 3-1-3　P7
【回答者】JAXA
【回答内容】
　ISS から切り離された後、再突入に至るまでの飛行において、HTV はバッテリからの電力供給が不可欠であります。そのため、係留中にバッテリを放電することで蓄積したエネルギーレベルを低下させる等の処置はとれません。
　一方、再突入時の溶融解析では、加熱により HTV は分解し、分散した各部それぞれが溶融します。バッテリ組立のケースはアルミ合金製であり、バッテリの到達温度はアルミの溶融温度を上回っているためにリチウムを含む電池内容物は個別に溶融・燃焼すると判断しています。従いまして、再突入時の溶融前に残存容量のあるバッテリが内部温度上昇のために破裂したとしても、軌道上にデブリとして残ることはなく、再突入に対して破裂の影響はありません。

⑹　「信頼性」関連
【質問番号 19】単一故障点

【質問内容】
　第 3 回安全部会では、多重故障あるいは故障連鎖について質問がありました。単一故障点という観点での安全対策の説明が不足していたように思います。たとえば
1)　確実に単一故障点を抽出するために必要なレベルの系統図（信頼性ブロック図）を作成していますか？当然、単一故障点はあると思いますが、ある場合は避けられない根拠は妥当と判断されていますか？
2)　先回の部会では回路図では発見できない実装段階でのミスが心配されていました。ワイヤハーネス、コネクターの単一故障点を確認するためにハーネス等を系統図に含めていますか？システムクリティカルなハーネスは適切にワイヤード OR されていて、単一故障点となっていないか確認していますか？
3)　「単一故障点」を特出しした審査は行っていますか？また、「単一故障点管理票」が作成されていて、これにより確実に設計が行われたこと、プロセス検査を含めた検証をするように計画されていますか？
4)　故障の連鎖がクリティカルに至らない設計であることを FTA, FMEA 等から抽出した連鎖故障モードに対して確認していますか？
5)　HTV 誘導・制御コンポーネント異常に対するセンサー切り替え、計算機切り替え、さらには安全モードへ移行する FDIR の遷移フローが明らかにされ、また、ミッションへの影響が具体的に示され、FDIR 処理に問題が無いことが示されていますか？
　これらは安全部会に要求されている「JAXA が実施した安全制御

方法及び検証方法の妥当性」を判断する際に上述のアイテム等で審議されたことを確認するために必要な情報と思います。

【該当資料】－

【回答者】JAXA

【回答内容】問 1）～5）それぞれに対応

1）

① ご案内のとおり、HTV におきましても信頼性ブロック図を作成しており、これを FMEA においても基礎情報として使用しております。FMEA は、宇宙ステーション共通の方法を用いており、機器の故障の影響を解析し、識別されたクリティカルな影響に至る単一故障点はクリティカルアイテムとし、万一故障した場合の対策の妥当性を共通の基準に合致するか否かで判断します。

② これらの解析結果は、JAXA 内の独立組織で審査するとともに、影響が ISS に及ぶ場合、その対策について NASA の承認を得るシステムになっております。NASA は、ISS 統合責任から HTV の FMEA を基に ISS 全体として統合 FMEA を実施し、ISS への影響を改めて解析することで HTV の FMEA が妥当であるか否かを確認し、必要ならば、JAXA と FMEA の見直しのための調整を行うことになります。

2）

① ワイヤハーネス等は、系統図、機能ブロック図、回路図に含まれており、その中で冗長が設計に取り込まれていることを確認しております。

② また、ワイヤハーネス図面及びワイヤハーネスインストール図面等より具体的な図面の点検を行うことで、機体構造や配管から適切なクリアランスが確保できていること、コネクタ部へのストレス印加が防止できていること等を確認し、ワイヤハーネス等が不適切な実装により単一故障点にならないことを確認します。

③ さらに実機の艤装を行う段階では、上記で識別された箇所を重要点検項目としております。特に、蓋閉め前には、内部配線について徹底的な確認を実施します。

なお本件については、JAXA 内でも指摘が挙がっており、今後、重点的な確認を行うとともに、確実な実装を行うため、過去の不具合事例を参考に JAXA 及びメーカとの認識の共有を進めてゆくこととしています。

3）

① 前述のクリティカルアイテムの妥当性解析を行うことが単一故障点の解析に関する ISS 共通の方法になります。クリティカルアイテムの妥当性確認で識別された事項は、個々に試験・検査の結果、運用計画に取り込まれること、不具合の経験が FMEA に適切に反映されていること等の確認を行います。

② HTV の基本設計段階においては、単一故障点の審査を目的に「信頼性審査」と称して認識していない単一故障点が無いか、単一故障点の対処は妥当かについて審査を実施しております。

4）

① FTA により、クリティカルな影響を来たす故障の組合せの識別を行い、それぞれ対策の妥当性を確認しています。

② FMEA により、故障の伝播の評価(保護回路設計の妥当性、冗長系が単一故障で喪失しないことの確認)を実施しています。

③ また、各種審査会等の場で、ISS での NASA の経験、国内の人工衛星やロケットの不具合(短絡、空間分離)等が適切に反映されて

いるかを、教訓となる資料あるいは、不具合に直接関係した人員からのコメントを基に確認しています。

5)

① FDIR の重要性は強<認識しており、FDIR に特化した「FDIR 設計解析書」を制定し、全 FDIR 機能の設計思想、処理内容、故障検知閾値を規定し、ソフトウエア設計をしています。

② FDIR の回復処置として、「そのままミッションを継続する」、「冗長系に切替えた後、ミッションを継続する」、「ミッションを中断する」のいずれかを自動で選択します。この選択を行うソフトウエアのロジックが重要で、二つの機器の故障の組合せ全てについて、予め設定いたします。

③ これらの処置ロジックの妥当性及びソフトウエアが想定どおり動作するかについては、別に示させていただいたソフトウエア検証の中で確認いたします。特に、ここでは、FDIR 設計そのものの検証が重要であると位置づけております。

【質問番号 20】システムの独立性

【質問内容】

【安全 3-1-2 付表 10/15】(2) 信頼性アシステムの独立性に関して,【安全 3-1-3】p.4 の推進系, p.5 の通信データ処理系・・・, p.6 の誘導制御系, p.7 の電源系のブロックダイアグラムで冗長系が組まれていることが示されていますが, 十分な注意が必要であると考えます.
(「冗長系が組まれているから, 安心だ.」ではないという意味では, 拝見する私どもも十分な注意が必要と思っています.)

例えば, 推進系ブロックダイアグラムは配管やバルブ等のメカニカルな冗長を示しているだけであり, 一方, 通信データ処理系, 誘導制御系, 電源系ブロックダイアグラムは電気的な冗長構成を示しているだけです. H-ⅡA F6 の導爆線は電気的には冗長構成になっていたが, その機械的レイアウトは冗長系ではなかったと言うことが, 不具合から得られた教訓だと考えています. そういう観点から, 真に冗長構成になっているか, すなわち衛星サブシステム間のインターフェイスと同様に (インターフェイスを持つ以上, 不具合が波及する可能性があるのだから), 機械的冗長 (視野やプルーム, コンタミを含む), 電気的冗長 (EMC 等を含む), 熱的冗長が各機器で確実にとられているか, 確認することが必要と考えます.

【該当資料】安全 3-1-2 付表 10/15

【回答者】JAXA

【回答内容】

冗長系の独立性については、電気的のみならず、機械的、熱的に

十分な配慮が必要であることを、これまでの衛星やロケットの失敗を踏まえて痛感しており、HTV での水平展開を図っているところであります。そのため、ワイヤーハーネスや配管の空間的な分離、コネクタの分離、ワイヤーハーネスの熱設計、帯電、電磁干渉、等々を考慮することで、共通原因故障を排除し、冗長系の独立性を確保しようと考えております。

なお、蟻装設計の検討に際しては、熱構造モデル等を利用して実際の蟻装状態を確認しながら実施する予定です。

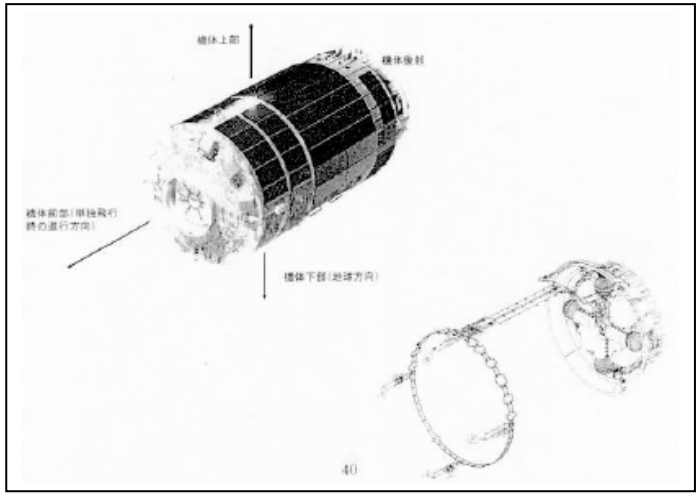
以下（質問番号 21～25）に、個別のご指摘に回答します。

【質問番号 21】推進系配管等のヒータ

【質問内容】

推進系配管等のヒータは別系統からとられているか？(電気的冗長構成になっているか？)HCE 自身の電気的だけでなく，機械的，熱的冗長はとられているか？

【該当資料】－



【回答者】JAXA

【回答内容】

これまでの衛星やロケットの失敗からの水平展開で、単一故障点について注意を払って開発を進めております。

そこで、ヒータシステムは、電気的に独立した冗長構成となっています。また、飛行姿勢に起因する制約(注)を考慮しつつ、配線は主系、冗長系を分離するといった機械的･熱的な冗長性を考慮しております。

（注）機体後部から前部への配線については、他の配線経路では高温ケースの温度条件を満足できないため、HTV の上部にまとめられており、日照/日陰条件がほぼ同じになります（それでも各配管は 10 cm 以上離して艤装しており、可能な限り機械的、熱的に分離するよう配慮しています）。

【質問番号 22】推進系配管

【質問内容】
　冗長構成を組む推進系配管等はできる限り，熱的に隔離された位置に置かれているか．（同時に日陰状態に入ることはないか？）

【該当資料】－

【回答者】JAXA

【回答内容】
　配管については、前項のヒータへのご質問への回答と同様になりますが、飛行姿勢に起因する制約の中で極力隔離に努力した設計としています

【質問番号 23】冗長構成の機器が同時に劣化する可能性
【質問内容】
コンタミ等によって冗長構成の機器が同時に劣化/機能低下することがないか？
視野の上でも冗長になっているか？
【該当資料】－
【回答者】JAXA
【回答内容】
冗長構成の機器が同時に劣化/機能低下するような共通原因による故障についてはJAXA内及びNASAとも重要な要素であると認識し、故障解析を通してそのような故障モードが無くなるよう配慮しております。~~また~~即ち、個々のセンサについて試験を実施し、その健全性を確認した後システムに組み込みますが、コンタミによる同時故障や温度依存による同時劣化等を避けるため、物理的に離して設置します。特に、コンタミが問題となる光学センサ~~に関しては~~である地球センサは、機体の両側に振り分けて搭載しており、同時に劣化/機能低下することがないようにしております。
また、ランデブセンサは、センシングの必要性から、どちらもHTVの上部に取り付けられていますが、独立したマウントに搭載し、独立した開口部を通してセンシングするようにしております。

【質問番号 24】輸入品に対する End to End テスト

【質問内容】

推進系の場合，輸入品が多いと思われますが，十分な End to End テストがされているか？推進薬の清浄度は重要な問題ですが，最後は「ゴミが詰まった（DRTS RCS?）」ということになることを懸念しています．（日本として責任が持てる開発を行うことが，今後の宇宙開発にとって必要ではと考えています．輸入品が多いことによる日本独自のトラブルシュートの難しさが起因しているのでは内でしょうか？）

【該当資料】－

【回答者】JAXA

【回答内容】

ご指摘の通り、コンタミの混入は致命的な故障に繋がるため、製造業者の製造管理を重要な監視事項とするとともに、End to End 試験として、推進系全体を最終的に組み合わせた状態で実際にガスを流して圧力損失を測定することとしています。

HTV では 2 年前に、実際に使用する遮断弁、スラスタを組み合わせた総合燃焼試験を実施しており、その際に全系での圧力損失を測定しているため、この値と比較することで内部のコンタミによる影響の有無を最終的に確認することができます。

また、各部品レベルでのコンタミについては、最終洗浄の後に、流し試験によってコンタミがないことを確認した上で出荷としており、輸入品であっても、工場での審査立会い、受け入れ確認等のプロセスは、国内品と同様に取っています。

なお、特にクリティカルな輸入品であるスラスタについては、習熟の目的もあり、海外ベンダではなく、国内メーカーにて作動範囲の検証試験、総合燃焼試験等を実施しており、既にかなりの動作実績を持ちます。

【質問番号 25】地上試験が行えない部品に対する検証

【質問内容】

導爆線等地上試験が行えない部品に対する十分な試験を行ってください

【該当資料】－

【回答者】JAXA

【回答内容】

HTV では宇宙ステーションの安全要求の面から、導爆線等の火工品を使用しておらず、代わりにパラフィンアクチュエータ等の反復使用可能な機構をできるだけ使用しています。従って大半の機構については、地上で作動確認試験を行った上でフライトに供することとしております。

ただし、それでも蓄電池容器の破裂機構等のフライト品の全品検査が行えないものが存在しますが、それらについては十分な検証試験及びロット保証としています。

●3.　その他

⑴　「ソフトウェア」関連

【質問番号 26】ランデブ等ソフトウェア構成

【質問内容】

近傍ランデブで「FDIR の作動を保証するためにソフトウエア試験を充実させ、独立評価を実施」との記述があり、この独立評価はⅣ&V のことだと思いますが、そうするとこれは近傍ランデブだけに実施するだけではなく、遠方ランデブ、把持運用のソフトウエア検証にも実施すべきと思います。それとも、これら二つのソフトは mjssion critical software として識別していないのでしょうか？

【該当資料】安全 2-1-4　p.39

【回答者】JAXA

【回答内容】

⑴　ご指摘の通り、把持運用に関し、少ない紙面で特徴的なことを記述したため、独立評価に関し記述しておりませんでした。実際は、把持運用が ISS ロボットアームとの協調運用を行うクリティカルな場面で、ISS への衝突に大きく影響しますので、重要な独立検証対象になっております。誤解を招く記述で済みませんでした。

⑵　把持運用に関しては、適切な把持位置に HTV を置くために、HTV システムが正常に動作し続ける必要がある一方、把持される際には、推進系及び誘導制御系を停止させ、誤動作しないようにする必要があり、このモード遷移、あるいはモード遷移に失敗したときの対応という点について重要な独立検証対象と位置づけております。

⑶　遠方ランデブの FDIR は、近傍ランデブの FDIR と同じものを使用します。従いまして、閾値を変えて独立検証を行うことで、近傍ランデブ域及び遠方ランデブ域両方の独立検証を行います。

⑷　なお、ソフトウエアの検証方法は、開発側の作業とⅣ＆V を次表のように実施しております。

開発部門	独立部門による独立検証
要求仕様／設計仕様審査の実施	特化した視点での要求仕様／設計仕様の評価 • ソースコードを独自に作成し、様々な条件で動作させ、ハザードを生じさせる条件が整わないことを評価。 • ボイジャーやガリレオ衛星で使用した安全チェックリスト等を使用し、陥りやすい設計誤りの有無を評価。
ソフトウエアのソースコードの審査	ソースコードの評価（アリアン 5 ロケットの事故原因となった桁溢れ事象の有無の確認等特定リスクに特化した評価）
単一ソフトウエアを対象とし、ソフトウエア内部の全機能分岐条件を通す単体検査	

ひとまとまりのソフトウエアを対象にし、宇宙環境、推進系、センサ等を模擬するソフトウエアシミュレータを使用した、実運用シナリオや異常発生ケースを検証するソフトウエアの集合体としての検査	ソフトウエアの集合体としての評価（独自に識別した要検証ケース中、開発者が設定していない試験ケースの実施）
実計算機、実センサと、宇宙環境シミュレータを使用し、誘導制御計算機全体を対象にした誘導制御サブシステム試験	

【質問番号 16】電源システム

【質問内容】
HTV では, 50V, 100V, 28V (VDE?) のバス電圧が使われています. まだ, 100 V バスの経験が浅い (たしか MT-SAT 以降？) 日本で, 複雑な電源システムになることに心配しています. SAP のコネクタ (ADEOS-2？) 等は大丈夫ですか？ﾄﾘﾌﾟﾙｼﾞｬﾝｸｼｮﾝでの放電の可能性は？

【該当資料】－

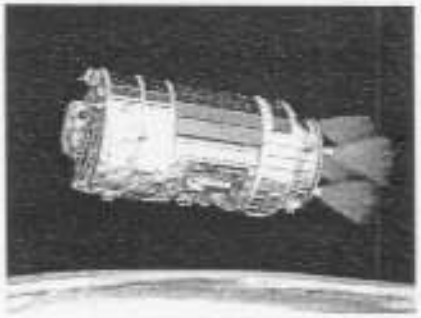
【回答者】JAXA

【回答内容】
HTV は、飛行中は太陽電池と一次電池/二次電池による 50 V 系バスを使用します。個々の技術開発要素はありますが、50 V 系バスは、従来の人工衛星で実績のあるシステムです。一方係留中は、宇宙ステーションの 120 V 電力にインタフェースする必要があります。このインタフェースは JEM と同等であり、HTV の設計は JEM の開発をベースにしています。 HTV の電源系は、これらを突き合わせた複雑なシステムですが、従来の経験を基に注意深く開発を進めています。
ご指摘の SAP のコネクタは、従来の太陽電池パネルで実績のある品種であり、ハーネスの取付け等の製造･加工においては、過去の衛星不具合の推定原因の要素を排除していることを水平展開により確認しています。 ﾄﾘﾌﾟﾙｼﾞｬﾝｸｼｮﾝの太陽電池セルを採用したパネルはﾌﾗｲﾄ実績がありますが、HTV のパネル設計においては隣り合うセルの電圧差がある値を超えないように配列を工夫するとともに、セルの間隔をｼﾘｺﾝ系太陽電池よりも広げています。また過去の衛星の不具合原因究明において実施された試験と同様のプラズマ環境での放電試験を模擬パネルに対して実施しており、軌道上環境で放電が発生しないことを確認しています。

安全 2-1-4 に反映

ソフトウエア構成

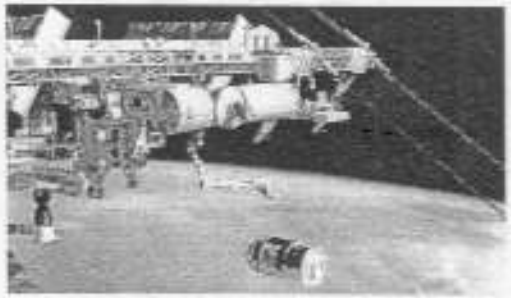
遠方ランデブ



航法	三軸姿勢航法・GPS絶対航法とも過去の衛星と共通
誘導	軌道変換ロジックは既知。自動化を開発
制御	姿勢制御、軌道制御ともETS-VIIなどの過去の衛星と類似
FDIR	従来並の1故障対応設計

ISSと相対GPS航法を始める通信領域に確実に誘導することが重要であり、新たな通信解析手法の開発、ソフトウエア試験を充実、バックアップ手順の確立を実施

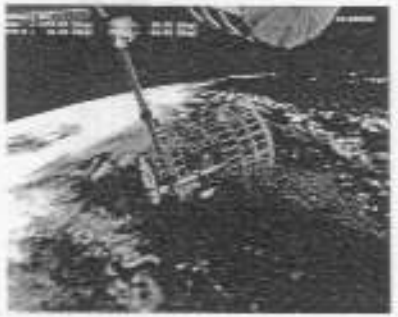
近傍ランデブ



航法	三軸姿勢航法・GPS相対航法・RVS航法ともETS-VIIと同様
誘導	ETS-VIIで実績あり。Rバー接近のデモも実施済
制御	同左
FDIR	ETS-VIIより厳密に安全に対して2故障許容設計が求められる

確実なFDIRの作動の保証するために、ソフトウエア試験を充実。

把持運用



航法	同左
誘導	コマンドによる停止、後退、中断等のオフノミナル運用のみ
制御	同左
FDIR	飛行士の運用ミスなど対応も考慮

操作性などを設計初期段階から飛行士が評価に参加。飛行士を考慮した設計要求を設定

補足） RVS航法：ランデブセンサによる航法
Rバー接近：地球方向からの接近

各フェーズにおいて独立評価を実施。

安全 3-1-3 に反映

5. HTVのソフトウエア安全設計

ソフトウエアの検証方法

開発部門	独立部門による独立検証
要求仕様／設計仕様審査の実施	特化した視点での要求仕様／設計仕様の評価 •ソースコードを独自に作成し、様々な条件で動作させ、ハザードを生じさせる条件が整わないことを評価。 •ボイジャーやガリレオ衛星で使用した安全チェックリスト等を使用し、陥りやすい設計誤りの有無を評価。
ソフトウエアのソースコードの審査	ソースコードの評価（アリアン5ロケットの事故原因となった桁溢れ事象の有無の確認等特定リスクに特化した評価）
単一ソフトウエアを対象とし、ソフトウエア内部の全機能分岐条件を通す単体検査	
ひとまとまりのソフトウエアを対象にし、宇宙環境、推進系、センサ等を模擬するソフトウエアシミュレータを使用した、実運用シナリオや異常発生ケースを検証するソフトウエアの集合体としての検査	ソフトウエアの集合体としての評価（独自に識別した要検証ケース中、開発者が設定していない試験ケースの実施）
実計算機、実センサと、宇宙環境シミュレータを使用し、誘導制御計算機全体を対象にした誘導制御サブシステム試験	

(2) 資料修正
【質問番号27】関連ハザードレポートのナンバリング

【質問内容】
付表「安全設計結果」には右端に関連ハザードレポートが書き込まれていて、それはたとえば HTV-0002 とナンバリングされていますが、安全 3-1-3 p.9、p.10 のハザードリストにはナンバリングが無く、その関連が明確でないと思います。

【該当資料】安全 3-1-3 p.9、10

【回答者】JAXA

【回答内容】
添付のとおり、安全 3-1-3 (改訂案:安全 4-1-4) の p.9、10 の表中にハザードレポート番号を追記します。

添付

3. HTVに特有なハザードの識別

HTVハザードの一覧と「きぼう」との比較(1/2)

ハザード		HTV			「きぼう」(参考)
		近傍運用フェーズ	係留フェーズ	離脱フェーズ	
火災	火災		○ HTV-0001		○
減圧	減圧		○ HTV-0004		○
汚染	推進薬の船外搭乗員への付着による船内の汚染		● HTV-0003		
	船内空気汚染		○ HTV-0002		○
	ガラス破片飛散による搭乗員の傷害		○ HTV-0011		○
衝突	HTVのISSへの衝突	● HTV-0008		● HTV-0008	
	浮遊物のISSへの衝突		○ HTV-0010		○
	ロボットアーム暴走による衝突				○
	隕石/デブリの衝突(注1)		○ HTV-0009		○
	回転体の搭乗員への衝突		○ HTV-0011		○
爆発	推進薬システムの爆発	● HTV-0007	● HTV-0007	● HTV-0007	
	電池セルの破裂	● HTV-0007	● HTV-0007	● HTV-0007	
	加圧機器の破裂				○

○:「きぼう」でも識別されたハザード

● HTV特有のハザード

HTV-0001・・・番号は、関連ハザードレポートの番号

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。

3. HTVに特有なハザードの識別

HTVハザードの一覧と「きぼう」との比較(2/2)

ハザード		HTV			「きぼう」(参考)
		近傍運用フェーズ	係留フェーズ	離脱フェーズ	
構造破壊	打上・帰還時荷重による構造破壊				○
	軌道上荷重による構造破壊		○ HTV-0005		○
	過加圧による構造破壊	○ HTV-0006	○ HTV-0006	○ HTV-0006	○
	負圧による構造破壊				○
電気・電磁	感電		○ HTV-0012		○
	電波放射による搭乗員の傷害、機器故障		○ HTV-0017		○
	電磁干渉	○ HTV-0017	○ HTV-0017	○ HTV-0017	○
	水の漏洩				○
	搭乗員の宇宙放射線の被爆				○
人間工学	船外活動搭乗員の船内帰還不能				○
	船内活動搭乗員の緊急時退避不能		○ HTV-0016		○
	高温表面への接触		○ HTV-0013		○
	鋭利端部への接触		○ HTV-0014		○
	挟み込み		○ HTV-0014		○
	騒音		○ HTV-0015		○
ソフトウエア	ソフトウエアの故障(注1)	○	○	○	○

○:「きぼう」でも識別されたハザード
●:HTV特有のハザード
HTV-0001・・・:番号は、関連ハザードレポートの番号
注1:関連ハザードレポートは、HTV-0002～0004、0006～0008、0010、0013、0014

【質問番号 28】安全 3-1-3　p.17 系統図の誤記

【質問内容】
　P17 の系統図に誤記があるので修正すること。

【該当資料】安全 3-1-3　p,17

【回答者】JAXA

【回答内容】
　添付のとおり、安全 3-1-3（改訂案：安全 4-1-4）の該当部分を修正します。

4. HTV特有のハザードと安全設計概要

(1) HTVのISSへの衝突

③推進系の故障

＜ハザード制御方法＞

ランデブー飛行／ISS近傍運用では姿勢制御系統にて接近する。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。(1故障許容)

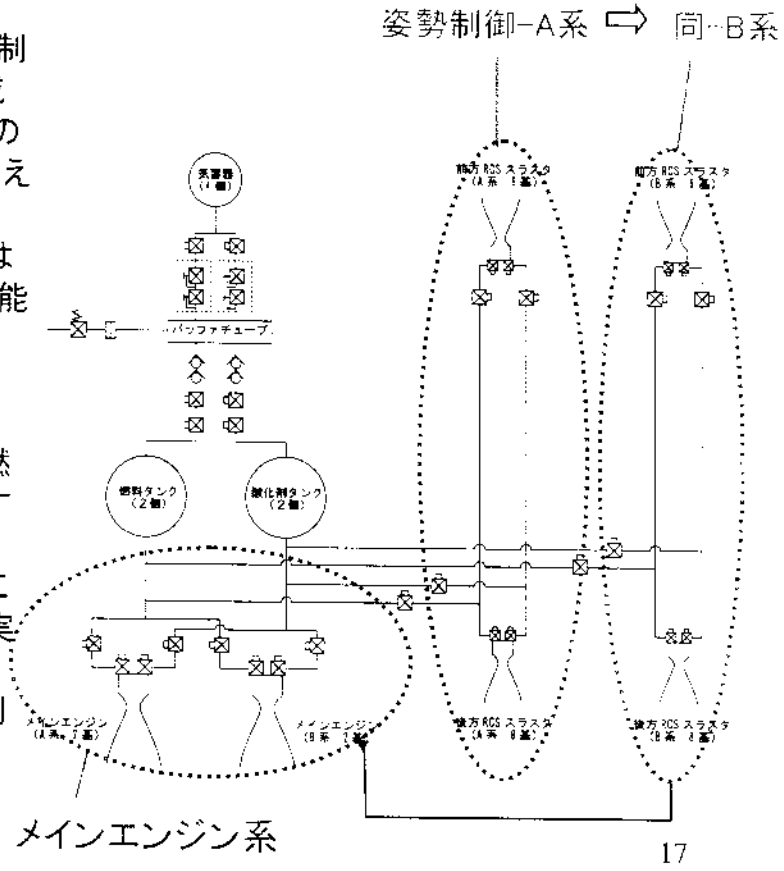
更に、別系統も故障した場合(2故障時)は、メインエンジン系に切り替え、緊急離脱機能により緊急離脱を実施する。(2故障許容)

＜検証方法＞

・ バルブ・センサの開発試験、スラスタの燃焼試験により推進系設計の妥当性を検証する。

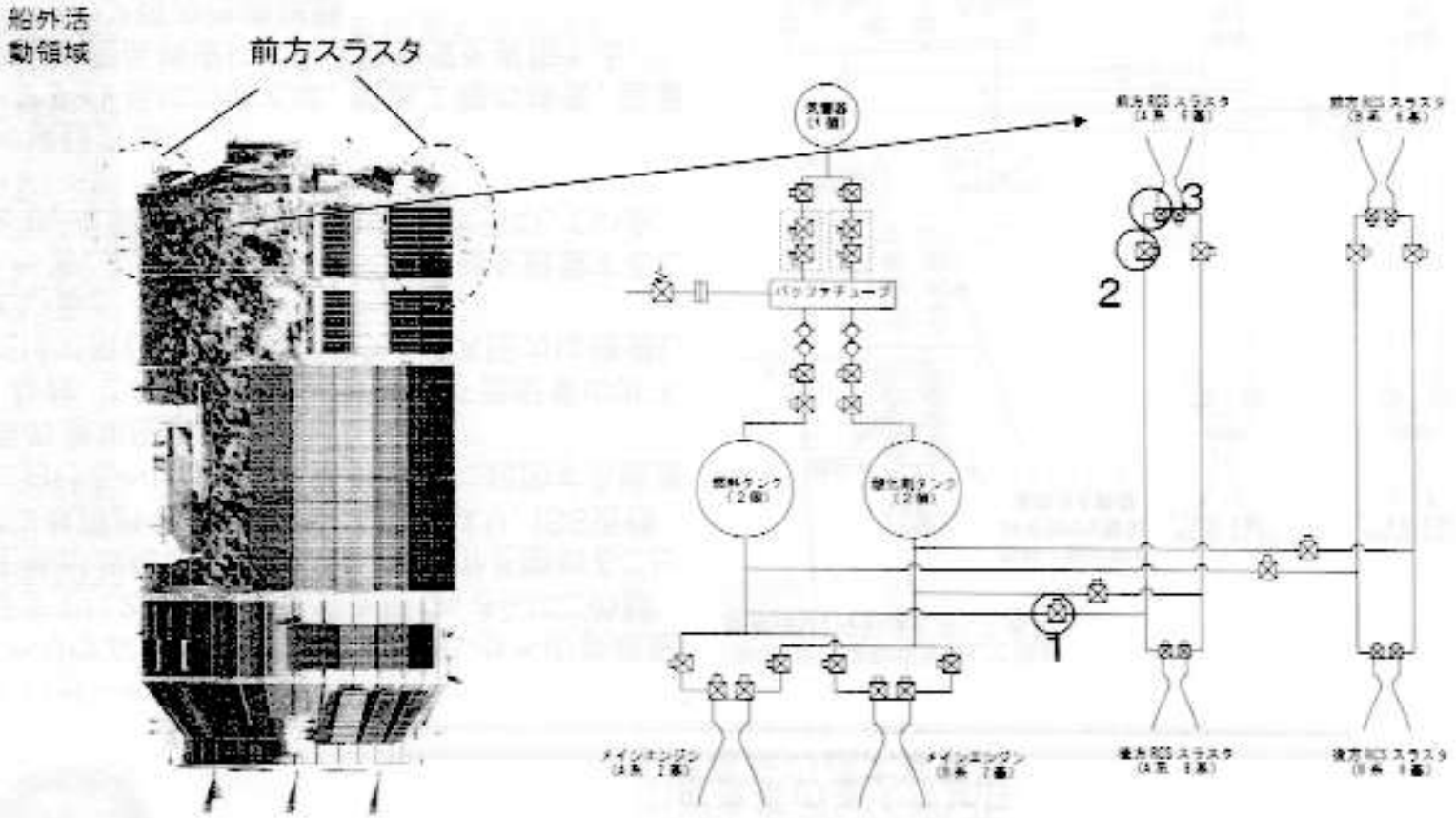
・ フライト品については、図面確認、製造工程の検査、製品検査等の確認及び検査を実施する。

・ 系統の切り替え機能については、誘導制御計算機の試験で実施する。



17

4. HTV特有のハザードと安全設計概要
(2)汚染(2/2)
－推進薬の船外搭乗員への付着による船内の汚染－



24

4. HTV特有のハザードと安全設計概要

(3)推進薬の爆発

①推進系の過大な加圧

＜ハザード制御方法＞

ヘリウムガスの燃料/酸化剤タンクへの供給配管までに2直列の調圧弁を持つ。さらにこの調圧弁が故障した場合には、遮断弁を閉めることで2故障許容としている。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。

＜検証方法＞

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する。

・バルブ類の性能試験

・耐圧試験の実施

(参考)更に破裂板を有して過加圧を防止している。