



3. HTV5号機からHTV6号機への変更点



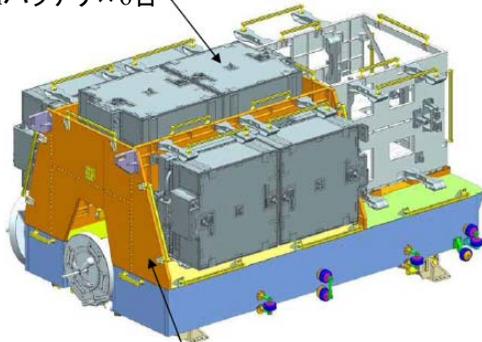


HTV5号機から6号機への主要変更点

【曝露パレット】

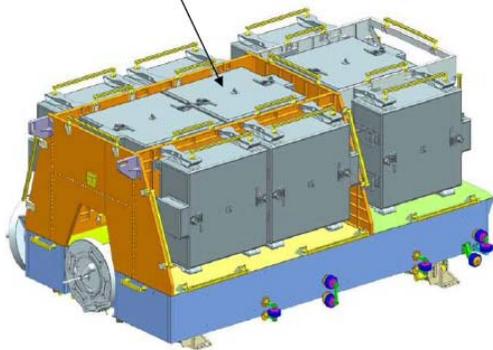
(変更点:1) 往路でリチウムイオンバッテリー(NASA)を輸送し、復路でニッケル水素バッテリー(NASA)を廃棄。バッテリーそのものの搭載が初であるとともに、曝露パレット(EP6B+)も新規開発。

Li-Ionバッテリー×6台



曝露パレット往路形態

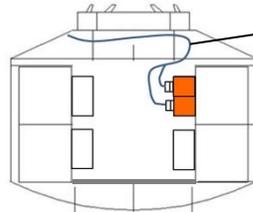
Ni-H₂バッテリー×9台



曝露パレット復路形態

【与圧キャリア】

(変更点:2) 与圧カーゴ給電用ハーネス追加。

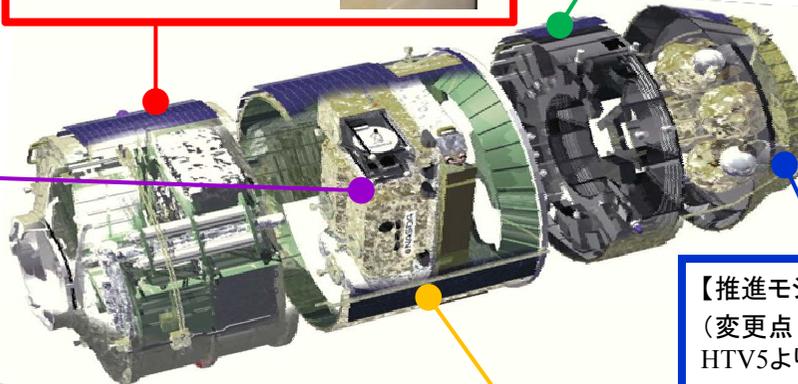


【電気モジュール】

(変更点:9) KITE実験対応IFを追加したデータ処理装置を搭載。具体的には従系HKテレメトリ用データレコーダを削除し、KITE用データレコーダを追加。

(変更点:10) 一次電池台数をHTV5より1台削減(7台→6台)

(変更点:11) 運用性向上のためのフライトソフトウェア改修(ISS搭載リフレクタコンフィギュレーション変更に対するロバスト性向上、KITE運用手順の一部自動化、GPSレシーバ故障検知機能の誤検知防止、姿勢決定系ロジックの修正)

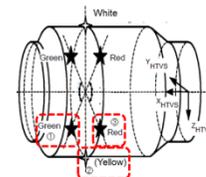


【非与圧モジュール】

(変更点:3) 太陽電池パネル搭載枚数をHTV5より1枚増加(19枚→20枚)。

(変更点:4) KITE実験機器搭載(データ処理装置・電力分配器、エンドマス、保持・放出機構、磁気センサ、カメラ)。(詳細は次ページ参照)

(変更点:5) 地心側航法灯(捕捉灯1個、姿勢灯2個)削減。

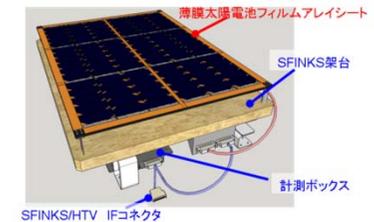


【推進モジュール】

(変更点:6) 太陽電池パネル搭載枚数をHTV5より2枚削減(2枚→0枚)。

(変更点:7) KITE実験機器搭載(電界放出型電子源、静電プローブ機能付帯電電位モニター)。(詳細は次ページ参照)

(変更点:8) SFINKS(薄膜太陽電池)実験機器搭載。

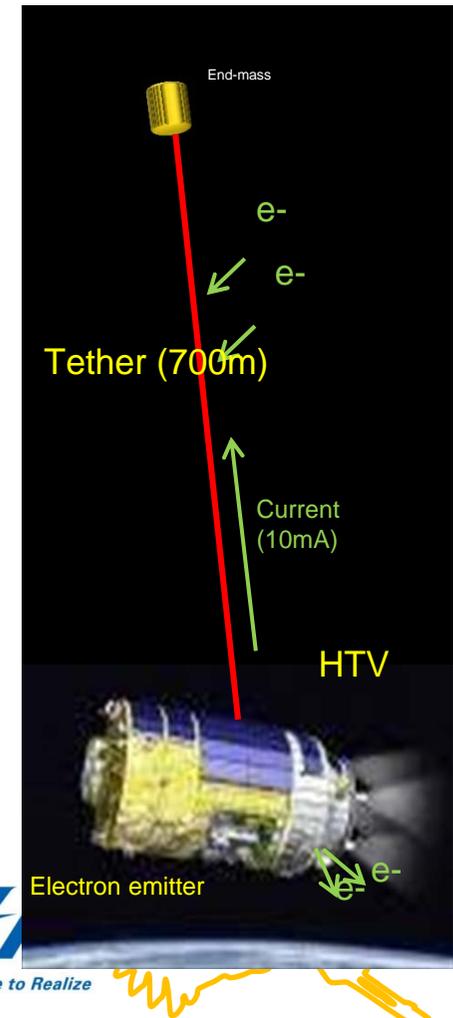
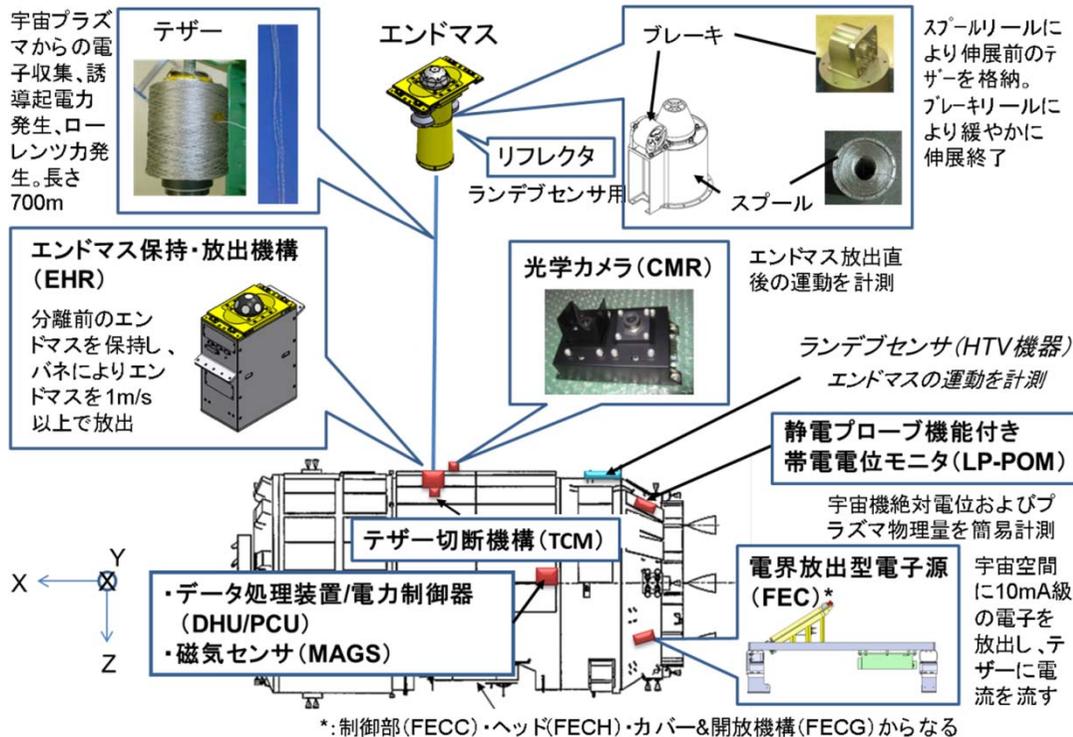


KITE: Kounotori Integrated Tether Experiment
SFINKS: Solar Cell Film Array Sheet for Next Generation on Kounotori Six



HTV5号機から6号機への主要変更点 導電性テザー実証実験(KITE*)の搭載

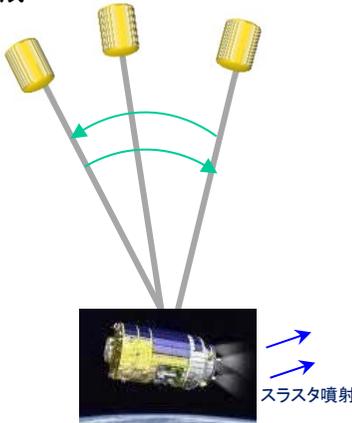
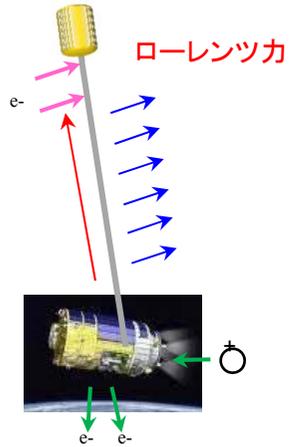
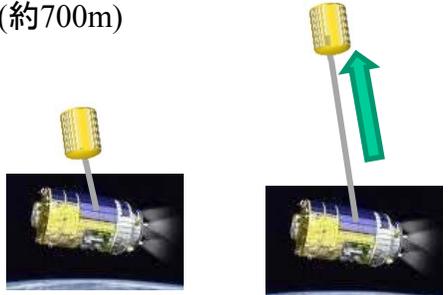
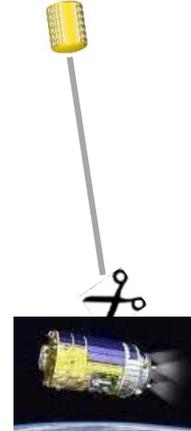
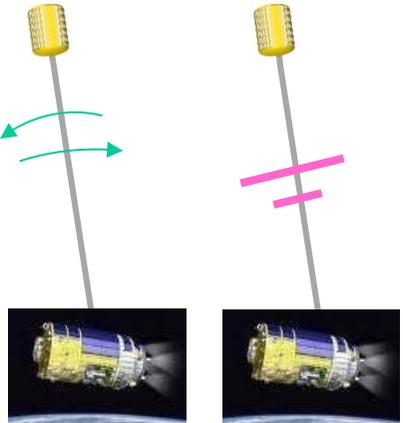
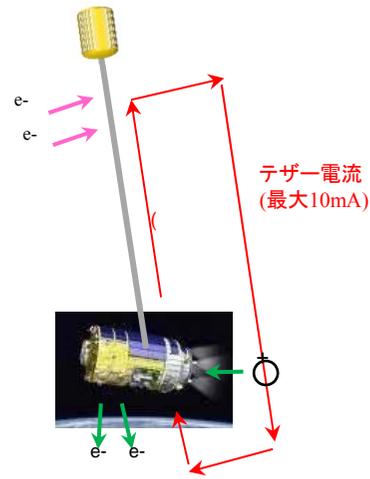
- HTV6号機では、JAXAが開発した導電性テザーの伸展実験KITEに対してプラットフォームを提供する。
- HTV6号機における導電性テザー実証では700mのテザーを軌道上で伸展し、導電性テザーに流れる電流の計測等、デブリ回収システム構築のための最初のステップとなる実験を行う。KITEはHTVからの電力供給とデジタルコマンド、テレメトリを含む各種通信I/Fを有しており、HTV運用と同様の地上管制設備からのコマンドにより運用を行う。



(*) KITE: Kounotori Integrated Tether Experiment



HTV5号機から6号機への主要変更点 KITE運用シーケンス概要

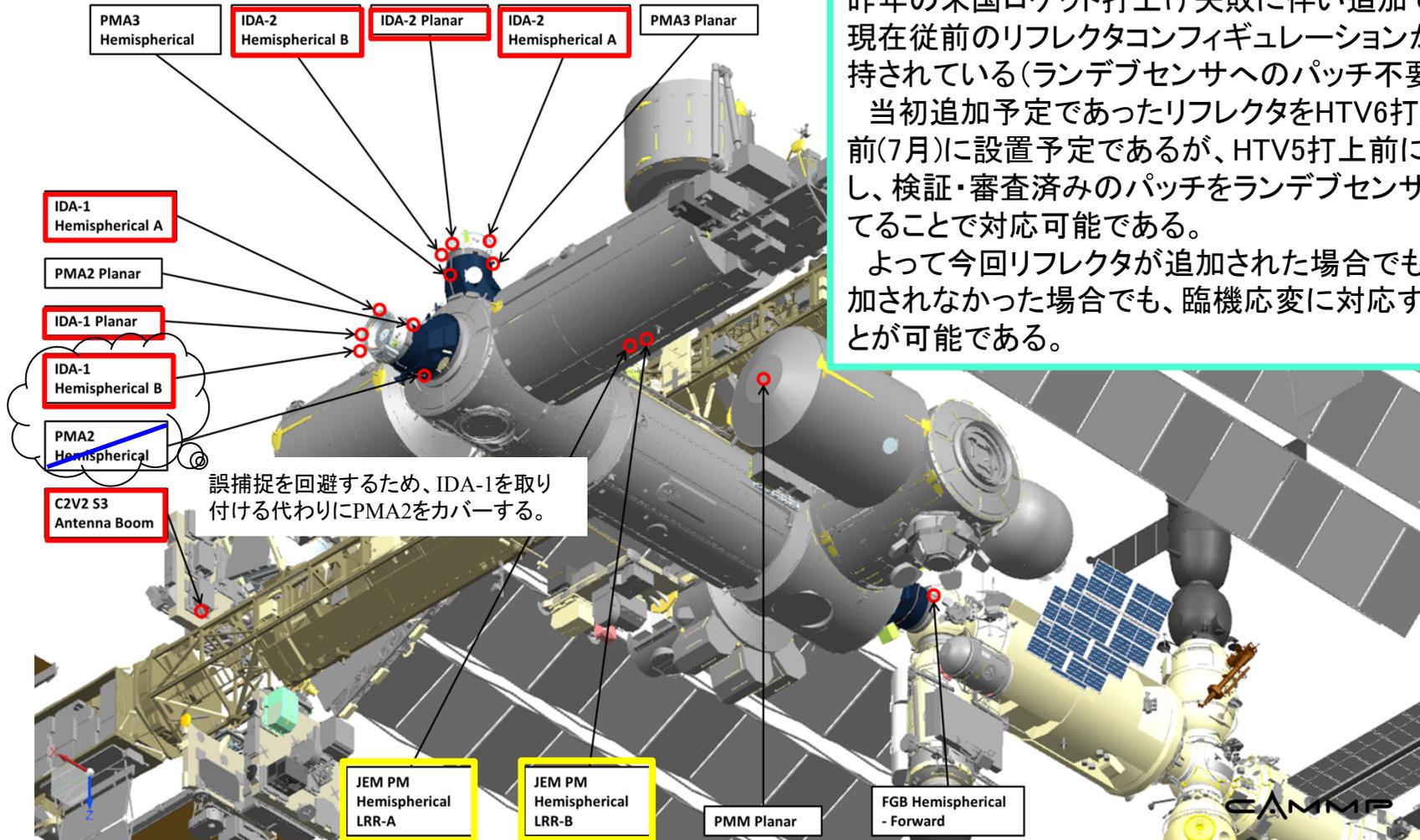
No	運用内容	No	運用内容	No	運用内容
1	ISS軌道から離脱し、20km以上低い軌道へ移動	5	HTV スラスタを用いたテザー振幅低減 	8	テザー振幅変化の検出によるローレンツカの計測 
2	ミッション機器立ち上げ				
3	エンドマス放出とテザー伸展 (約700m) 	6	電子源のチェックアウト	9	実験終了後にテザーを切断 
4	テザーダイナミクスおよび誘導起電力の計測 	7	テザー電流計測 		



HTV6打上げ時のISSリフレクタコンフィギュレーション

HTV5打上げ前に新規で追加されるリフレクタ
 昨年の米国ロケット打上げ失敗に伴い、HTV6打ち上げ前にNASAがリフレクタ追加を再トライ予定。

【ISSコンフィギュレーション】
 HTV5打上前にリフレクタを追加予定であったが、昨年の米国ロケット打上げ失敗に伴い追加できず、現在従前のリフレクタコンフィギュレーションが維持されている(ランデブセンサへのパッチ不要)。
 当初追加予定であったリフレクタをHTV6打上前(7月)に設置予定であるが、HTV5打上前に準備し、検証・審査済みのパッチをランデブセンサに当てることで対応可能である。
 よって今回リフレクタが追加された場合でも、追加されなかった場合でも、臨機応変に対応することが可能である。



誤捕捉を回避するため、IDA-1を取り付ける代わりにPMA2をカバーする。

HTVランデブセンサが捕捉すべきJEMリフレクタ



(付録2)

宇宙ステーション補給機 「こうのとり」6号機 (HTV6) 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28年7月1日

国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構

HTV: H-II Transfer Vehicle



目 次

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. HTV6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. HTV5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



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、HTV6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:平成28年1月29日、平成28年3月14-15日、平成28年6月2日
【結論】JAXAとしてHTV6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:平成28年3月14-15日、平成28年6月2日(いずれもJAXAと協同審査)
【結論】ISS全体の安全認証に責任を有する立場からNASAは、HTV6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:平成28年4月6日、平成28年5月24日、平成28年6月7日
【結論】JAXA経営レベルとしてHTV6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、評価をお願いします。

- 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～HTV5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及びHTV5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、HTV4及びHTV5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。

【HTV6号機】

調査・安全小員会にて以下をご確認頂く。

- ✓ HTV6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。
- ✓ HTV5号機までの運用実績等を踏まえ、HTV6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。
- ・ HTV6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HTV6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

フェーズIIで承認されたハザード制御及び検証方法

JAXA安全担当の確認ログ

Hazard Cause	Hazard Control	Verification Method	Classification			Reverification	Verification Data			Submission Date	Data Management (Company Name)	Data Unit/Status (○: Open, ●: Close)					CRCS	VTL	Remarks	JAXA Confirmation	
			Analysis	Test	Demonstration		Inspection	Title	Document No.			Item No.	System Module	Sub Module	Component	Part				Other	Doc. Control
Excessive delta-V or unexpected delta-V																					
1.1 Inadequate commands from GNC components																					
1.1.1	GDC failure	<p>I. Redundancy of the control elements in the GDC. The HTV has one GDC, but the GDC has to control using in itself. The GDC consists of three Central Processing Units (CPUs) and two I/O Controllers (IOCs).</p> <p>The GDC can continue to process the rendezvous functions as long as more CPUs work normally and one IOC works simultaneously. The configuration of GDC is shown in Fig.0008-1.1.1-1 and Fig.0008-1.1.1-2.</p>	<p>The configuration of the GDC will be confirmed by inspection of the drawings, and product.</p>	<p>x</p>	N	GDC/ACU CDR input package	HTV-R-05-055	Para. 2.2 (3.1.2)		MELCO											
				x	Y	GDC/ACU ASSY AT (S/N:004) TASK REVIEW資料	TR資-HTV-FM3-018	Failure Detection(IOC) Failure Detection(CPU)		MELCO											
					Y	GNCサブシステム試験 TASK REVIEW資料	TR資-HTV-FM3-018	VDEI-GDC IF test		MELCO											

当該号機としての検証要否識別

検証データ詳細(文書名、番号、章番号や試験ケース等)

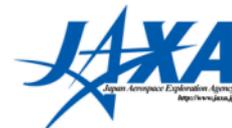
安全検証追跡ログ(6項(2))の識別

運用制御合意文書(6項(1))の識別

解析、試験、デモ及び検査の分類識別

図面の点検(Inspection)による設計検証は、設計変更が無い限り再検証不要。解析についてもインターフェース条件(安全上の最悪条件)が変更されなければ更新不要(当該号機にも有効)と判断。

フライト品のハードウェア検査(Inspection)や機能試験結果等は毎号機異なるので、当該号機として検証結果の確認を行う。



4. HTV6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(1/2)

ハザード [基本指針項番]		HTV		
		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)]		○ 4.2項①	
減圧	減圧 [4. (1)ウ、11. (1)イ]		○ 4.2項②	
汚染	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)	
	船内空気汚染 [4. (2)イ、5. (2)ア]		○ 4.2項③	
	ガラス破片飛散による搭乗員の傷害 [10. (1)]		○ 4.2項④	
衝突	HTVのISSへの衝突 [6、7、8、10. (4)]	● 4.3項(2)		● 4.3項(2)
	浮遊物のISSへの衝突 [4. (3)]		○ 4.2項⑤	
	隕石／デブリの衝突(注1) [4. (1)ア、5. (2)イ]		○ 4.2項⑥	
	回転体の搭乗員への衝突 [10. (1)]		○ 4.2項⑦	
爆発	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)
	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. HTV6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)

ハザード [基本指針項番]		HTV		
		近傍運用 フェーズ	係留 フェーズ	離脱 フェーズ
構造破壊	軌道上荷重による構造破壊 [4. (2)ア、5. (1)]		○4.2項⑧	
	過加圧による構造破壊 [5. (1)]	○4.2項⑧	○4.2項⑧	○4.2項⑧
電気・電磁	感電 [10. (1)ウ]		○4.2項⑨	
	電波放射による搭乗員の傷害、機器故障 [4. (2)ウ]		○4.2項⑩	
	電磁干渉 [4. (2)ウ]	○4.2項⑪	○4.2項⑪	○4.2項⑪
人間工学	船内活動搭乗員の緊急時退避不能 [10. (1)エ、10. (3)、11. (2)ウ]		○4.2項⑫	
	高温表面への接触 [4. (1)ウ、10. (1)イ]		○4.2項⑬	
	鋭利端部への接触 [10. (1)ア]		○4.2項⑭	
	挟み込み [10. (1)ア]		○4.2項⑮	
	騒音 [4. (2)ウ]		○4.2項⑯	
ソフトウェア	ソフトウェアの故障 [9. (2)、10. (2)ア、10. (2)ウ]	○4.2項⑰	○4.2項⑰	○4.2項⑰

○:「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. HTV6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

「きぼう」と同様な制御方法を用い、その有効性を検証した事項（つづき）

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)	HTV6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。 <u>機能試験や射場での組み立て時にスイッチが正常であることを確認した。</u>	・HTV6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)	4. (3)
		⑥隕石・スペースデブリがHTVと圧キャリアへ衝突すると船内活動搭乗員への致命的な事象にいたる。またHTV圧力容器への衝突は、容器破裂による破片またはHTV自体のISSへの衝突にいたる。	【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。 <u>バンパの有効性については要素試験で検証し、実機にバンパが適切に取り付けられていることを検査で確認した。</u> ・直径10cm以上のデブリに対しては、ISSの軌道制御により衝突回避する手順となっていることを、 <u>手順書(フライトルール)にて確認した。</u> ・直径1～10cmのデブリに対しては、衝突により与圧モジュールをデブリが貫通した場合、搭乗員は安全なモジュールへ退避する手順を <u>手順書(フライトルール)にて確認した。</u>	・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、 <u>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。</u> ・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、HTV6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、HTV6号機固有の事項はない。	4. (1)ア 5. (2)イ
		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とにより死傷に至る。	【リスク最小化設計】 ・ファンは、ハウジング等により、破片の飛散が防止されていることを <u>検査にて確認した。</u>	・HTV6号機で使用するフライトハードウェアが設計とおりにであることを検査で確認した。	10. (1)



4. HTV6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

－「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)	HTV6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】 <ul style="list-style-type: none"> 非金属材料に難燃性の材料を選定し、結果を使用材料リスト(MIUL)で確認した。 ヒータまたは電子機器の温度をモニタし、異常時に電力を遮断することで過熱を防止する設計となっていることを解析や試験で確認した。 	<ul style="list-style-type: none"> HTV6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HTV6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と船内と船外との間のシール部、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】 <ul style="list-style-type: none"> シール部は2重とし、排気弁の意図しない開放を防止するため、2つのスイッチを設けた。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。 	<ul style="list-style-type: none"> モジュール隔壁部のコネクタやフランジシールの設計に変更はなく、HTV6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、HTV6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】 <ul style="list-style-type: none"> 構造・内装・搭載機器等に使用される非金属材料は、オフガス発生量の少ない材料を選定し、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。 	<ul style="list-style-type: none"> HTV6号機で更新された使用材料リスト(MIUL)を再確認し、追加された材料がオフガス発生量の要求を満足することを確認した。 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する。(6項2番) 	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】 <ul style="list-style-type: none"> ガラス機器は、破片が飛散しないように封入設計となっていることを検査で確認した。また初入室時にはゴーグルを装着する手順であることを確認した。 	<ul style="list-style-type: none"> 船内で使用する照明装置が設計どおり(封入対応)であることを受け入れ検査で確認した。 軌道上で入室する際の手順(ゴーグル着用)は既にフライトルールとして確立しており、HTV6号機として検証は不要。 	10. (1)



4. HTV6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

「きぼう」と同様な制御方法を用い、その有効性を検証した事項（つづき）

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)	HTV6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-IIIB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、最悪条件でも許容圧力を超えないことを解析で検証した。	・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、HTV6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HTV6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数を加算)にて、十分な強度を有していることを確認した。(5項(1)番) ・HTV6号機で更新された使用材料リスト(MIUL)を再確認し、HTV6号機で追加された部材等については、過去の実績のある適切な構造材料が選定されたことを確認した。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HTV1号機から変更はなく、解析の前提となる熱制御や圧カリリース機能の健全性についてはHTV6号機を用いた試験等で確認した。なお、圧カリリース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)



4. HTV6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

「きぼう」と同様な制御方法を用い、その有効性を検証した事項（つづき）

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)	HTV6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 ・EMI	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> 。	・HTV6号機の機器等が <u>適切に接地されたことを検査で確認した</u> 。 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
		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電磁干渉試験(放射・伝導雑音試験及び放射・伝導感受性試験で確認した)。 ・また、HTVアンテナ周囲の危険範囲識別の為に、解析結果に基づくキープアウトゾーンが設定されていることを(フライトルールにて)確認した。	・HTV6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HTV6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HTV6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)	



4. HTV6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

「きぼう」と同様な制御方法を用い、その有効性を検証した事項（つづき）

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)	HTV6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（船内搭乗員退避不能、鋭利な端部、突起物、騒音） ・退避不能 ・エッジ ・挟み込み	I (カタストロフィック)	⑫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HTV6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
		⑭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鋭利な部位や突起が残っていないことを検査で確認した。 ・太陽電池パネル等、機能上鋭利な部位を除去できないものについて、キー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
		⑮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。 ・NASAが提供するISS用バッテリーやアダプタ等を搭載した状態で、曝露パレット上の移動経路に挟み込みのおそれがある寸法の隙間等が無いことを確認した。(5項(1)番)	



4. HTV6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

「きぼう」と同様な制御方法を用い、その有効性を検証した事項 (つづき)

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)	HTV6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)		⑩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。	• HTV6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。	4. (2)ウ
・騒音 ・高温	II (クリティ カル)	⑬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°C ※船内活動員に対する許 容外表面温度:-18~ 49°C	【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HTV6 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。(5項(1)番)	4. (1)ウ 10. (1)イ
ソフトウェア	I (カタス トロフィ ック)	⑰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】 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 • ソフトウェア単体試験 • シミュレータ試験 • 独立部門による独立評価(IV&V) • ハードウェア搭載後のシステム試験	• 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 • ソフトウェア単体試験 • 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



4. HTV6号機の安全設計・検証結果

4.3 HTVに特有なハザード制御の検証結果



(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)	HTV6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。	<p>【2故障許容設計】</p> <p>a. 前方スラスト設置近辺は船外活動が想定されるため、バルブを3重に設置し、大量漏洩を避けられるような設計となっていることを検査で確認した。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。</p> <p>b. 船外活動中に不意のスラスト開放指令を出さないよう、制御系を停止させる手順とした。</p>	<p>a. HTV6号機も同様の設計となっており、スラスト弁が漏えいしても上流の遮断弁を閉じることで大量漏洩に至らないような処置が可能である。なお、HTV2号機までは船外活動時に無条件で上流の遮断弁も閉じていたが、HTV3号機運用時のNASA船外活動責任者の判断を踏まえ、HTV4号機から軌道上で行うスラスト弁のリークチェックが要求を満足すれば、遮断弁は開いたままで運用してもよいこととなった。</p> <p>遮断弁の機能(シール性や耐圧性)及びシステムの動作の妥当性について単体の検査及び機能試験で確認した。また、射場で設定する継手が漏えいしないことや、システムがバルブを適切に制御できることについて射場で最終確認する予定。(6項1番)</p> <p>a. スラスト弁が開かないように制御系を停止させる運用はHTV6号機でも変更ない。制御系が適切に停止できることについては機能試験で確認した。</p>	4. (3) 6. (1)



4. HTV6号機の安全設計・検証結果

4.3 HTVに特有なハザード制御の検証結果



(2) HTVのISSへの衝突 (1/4)

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)	HTV6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ISSに衝突してしまう。	<p>【2故障許容設計】</p> <p>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。</p> <p>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して試験で確認した。</p>	<p>a. HTV6号機のフライトハードウェアが<u>所定の機能を提供できることについて、機器単体及びソフトウェアを組み合わせた試験で確認した。</u></p> <p>b. HTV6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確認した。</u></p>	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。	<p>【2故障許容設計】</p> <p>a. 誘導制御に必要なセンサは、すべて2個以上設置し、計測値の比較等も踏まえて1故障許容設計とした。<u>センサの機能性能等については購入時の製品検査や機能試験で確認した。</u></p> <p>b. センサが2故障した場合、すなわちセンサの出力値が信頼できないような場合は、誘導制御計算機から緊急離脱制御装置に切り替わり、緊急離脱できることを試験で検証した。</p>	<p>a. 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。HTV6号機のフライト品センサについて、<u>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。</u></p> <p>b. センサ異常に対応する処理ロジックは誘導制御計算機に搭載されソフトウェアに組み込まれているが、該当する処理ロジックに変更はない。</p> <p>c. HTVがISS近傍で使用するISS上のレーザーフレクタ配置について、HTV5号機の計画時と同一になることを確認した。従って、HTV5号機で実施した検証結果がHTV6号機に対しても有効である。(5項(8)番)</p>	7 10. (4)



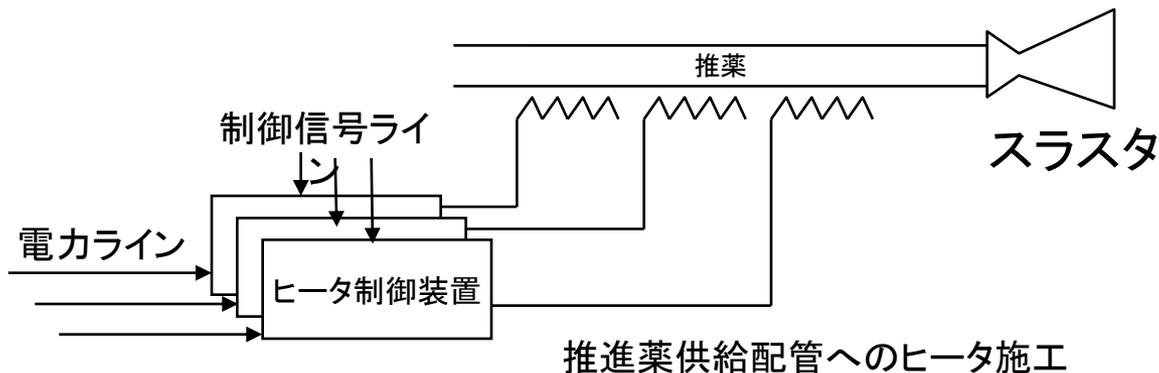
4. HTV6号機の安全設計・検証結果

4.3 HTVに特有なハザード制御の検証結果



(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)	HTV6号機の対応及び検証結果	指針の対応項目
HTVのISSへの衝突	I (カタストロフィック)	推進系の故障でHTVが正しく制御できなくなりISSに衝突してしまう。	【2故障許容設計】 a. 姿勢制御システムを構成するバルブ・推進系の圧力、温度センサ等の機能部品が故障した場合、別系統に切り替えることで1故障許容とできる設計とした。 <u>各系統の機能や系統切り替えが問題無くできることについて試験で確認した。</u> b. <u>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。</u>	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. HTV6号機の誘導制御計算機及び緊急離脱装置間のインター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確認した。</u>	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】 姿勢制御システム、メインエンジン系統が繋がっている主要な配管／バルブ／推進薬タンクへのヒータ3重化の施工により、 <u>2故障許容設計とした。熱解析の結果、ヒータ1系統だけでも凍結が防止できることを確認した。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。</u>	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。 <u>熱解析の前提条件ともなっているヒータシステムの機能については、機能試験で問題無いことを確認した。</u>	6





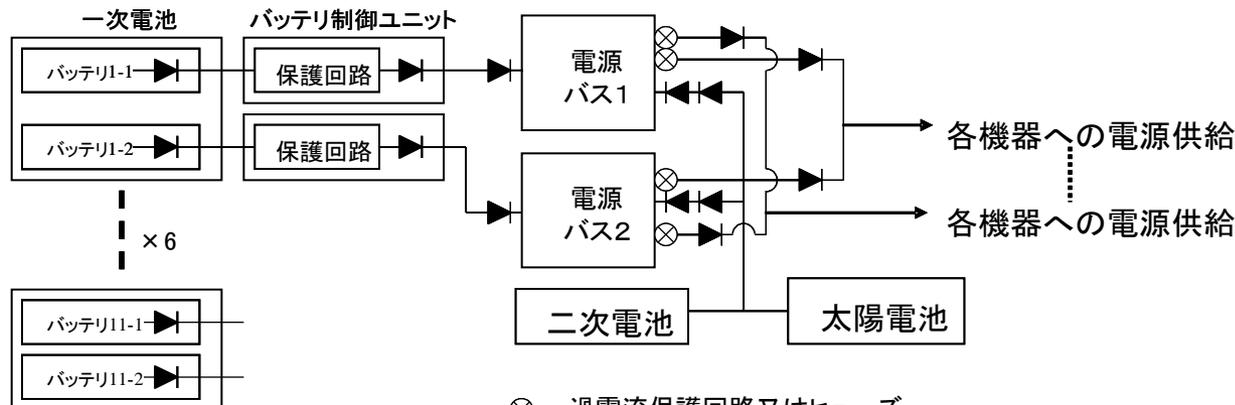
4. HTV6号機の安全設計・検証結果

4.3 HTVに特有なハザード制御の検証結果



(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)	HTV6号機の対応及び検証結果	指針の対応項目
HTVのISSへの衝突	I (カタストロフィック)	電源系の異常によりHTVが機能喪失してISSに衝突してしまう。	<p>【2故障許容設計】</p> <p>単独飛行中は、太陽電池及び二次電池並びに一次電池からの供給電力で飛行する。一次電池の個数は、<u>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。バッテリー及びその周辺回路がISS共通の要求に適合していることについては検査及び試験で確認した。</u></p>	<p>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賄えた)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、HTV6号機では更に実績を考慮して6台に削減した。(5項(3)番)</p> <p>HTV6号機に搭載されるバッテリー及びその周辺回路がISS共通の要求に適合していることについて、検査及び試験で確認した。</p> <p>なお、打上げ前にバッテリーが適切に充電されることについては射場で確認する予定。(6項4番)</p>	8



⊗ : 過電流保護回路又はヒューズ



4. HTV6号機の安全設計・検証結果

4.3 HTVに特有なハザード制御の検証結果



(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)	HTV6号機の対応及び検証結果	指針の対応 項目
HTVのISS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。	<p>【リスク最小化設計】</p> <p>a. 姿勢やセンサの誤差を考慮した適切な把持領域が設定できたことを、<u>NASA及びカナダと協力して解析で確認した。</u></p> <p>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。</p>	<p>a. 把持領域の設定についてはHTV1号機以降変更はない。</p> <p>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ブルームの影響を小さくするため、HTV5号機以降は衝突回避マヌーバ時のメインエンジン推力を削減し、それでも問題なく衝突回避できることを確認している。HTV6号機でも同様の運用を行う。</p>	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。	<p>【2故障許容設計】</p> <p>HTVは「きぼう」に設置された近傍通信システム(PROX)と2系統の通信リンクをする他、バックアップとして衛星間通信衛星との直接通信リンクを確保できるようにしている。このため、通信システムの機器が2重故障を起こしても通信手段を失うことはない。各通信システムの機能については機器単体の受け入れ検査やシステムレベルの機能試験で問題が無いことを確認した他、異常があった場合に自動でシステムが切り替えられることについても確認している。<u>通信・伝送システム全体の確認としてはNASA地上局やISSを模擬した設備も含めたEnd-to-End試験も実施して良好な結果を得た。</u></p>	HTV6号機に搭載する通信系機器及びシステム機能について、受け入れ検査や機能試験で問題が無いことを確認した。	7. (3)



4. HTV6号機の安全設計・検証結果

4.3 HTVに特有なハザード制御の検証結果



(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)	HTV6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。	<p>【2故障許容設計】</p> <p>ヘリウム気蓄器から燃料/酸化剤タンクへの供給配管までに2直列の調圧弁を設け、さらにこの調圧弁が故障しても遮断弁を閉めることで過加圧が防止できる2故障許容設計とした。<u>各バルブの健全性については製品単体の検査(性能試験や耐圧試験)で確認した。</u>これにより、ISS近傍におけるヘリウムガス系の故障に起因する推進系の過加圧を防ぐ。</p> <p>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。</p> <p>一方、遮断弁の上流側に破裂板を設置することで、上流の過加圧が生じないようにしている。</p>	<p>推進系システムの設計について変更はない。HTV6号機に搭載するバルブの健全性については、<u>製品単体の検査(性能試験や耐圧試験)で確認した。</u></p>	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。	<p>【2故障許容設計】</p> <p>ヒータに設置されている温度センサが規定の温度以上になると、ヒータ制御装置内の二つのスイッチ及びその上流のデータ中継装置がヒータへの電力供給を停止する設計とした。本機能の検証として、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。</p>	<p>HTV6号機に搭載されるヒータ、<u>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。</u>また、<u>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。</u>また、<u>全機が組みあがった状態でのヒータ機能最終確認を射場で実施し健全性を確認した。</u></p>	5. (1) 5. (2)ウ 6. (1)



4. HTV6号機の安全設計・検証結果

4.3 HTVに特有なハザード制御の検証結果



(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)	HTV6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ー制御ユニットの保護回路(過電流を検出して電流を遮断する)が適切に作動することを機能試験で確認した。	電池セルにヒューズが設けられていることを製品検査で確認した。また、過電流を検出して電流を遮断する機能が動作することを機能試験で確認した。	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、あるいは圧力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適切な安全率を確保していることについて製品検査で確認した。 また、万が一の内圧上昇時に圧力リリーフを行うためのラプチャ(破断)機構が適切に機能することを実証試験で確認した。	HTV6号機に搭載される電池セルが要求仕様に適合していることを製品検査で確認した。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



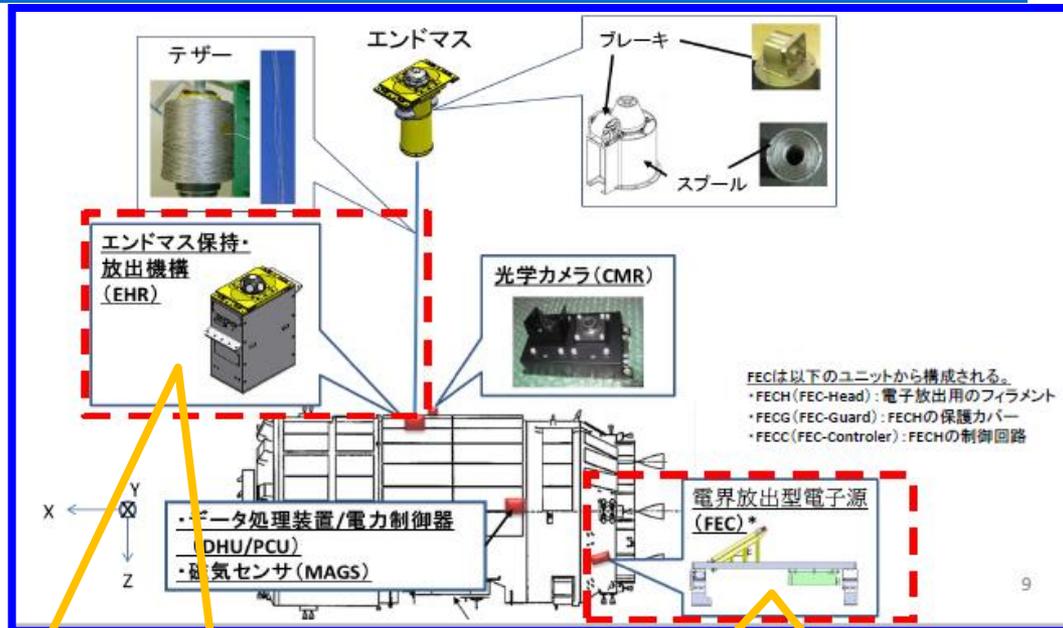
5. HTV5号機ミッションからの反映／変更事項への対応



(2) KITE機器の搭載及び実験運用

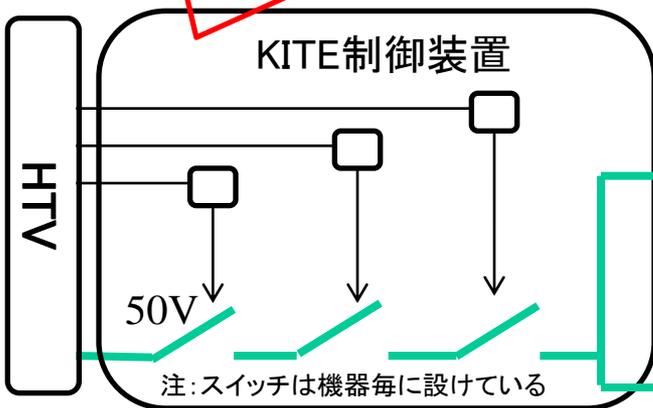
接近・係留・離脱フェーズでは、KITE制御装置と光学カメラを除く全ての機器電源をオフし、不意に電源が入らないよう3つのインヒビットを設ける。

また、KITE実験はHTVがISSから十分離れるまで禁止する運用ルールを設け、ISSの全体運用を行うNASAと相互に相対距離や軌道を監視して実験開始許可を判断する。



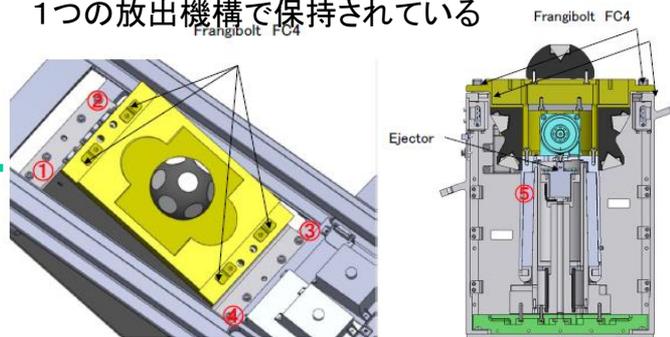
各機器の電源ラインに3つのインヒビットを有する

KITE制御装置



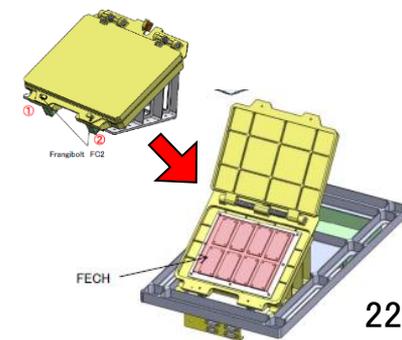
エンドマス保持・放出機構

エンドマスは4つのフランジボルトと1つの放出機構で保持されている



電界放出型電子源

電子源放出カバーは2本のフランジボルトで保持されている





5. HTV5号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



その他のHTV5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		
(3)	太陽電池パネル及びバッテリー(P-BAT)台数の削減 パネル:(HTV5: 21枚 → HTV6: 20枚) バッテリー:(HTV5: 7台 → HTV6: 6台)	2故障を想定した電力リソース解析の見直し結果、最悪ケースでも安全化(アボート)を実行できる電力量があることを確認した。
与圧キャリア関連		
(4)	与圧カーゴへの給電・通信機能ハーネスの追加 ※HTV5時も用意されていたが、使用予定がなかったためハーネスを切断し機能として無くしていた	追加ラインの可燃性やオスガス、ディレーティング解析、シャープエッジ等機械的ハザード源がないことを確認した。
非与圧モジュール関連		
(5)	航法灯(地心側航法灯(捕捉灯1個、姿勢灯2個)を削減	地心側の航法灯はISSへの接近時の位置確認手段には使用しないため影響はない。



5. HTV5号機ミッションからの反映／ 変更事項への対応



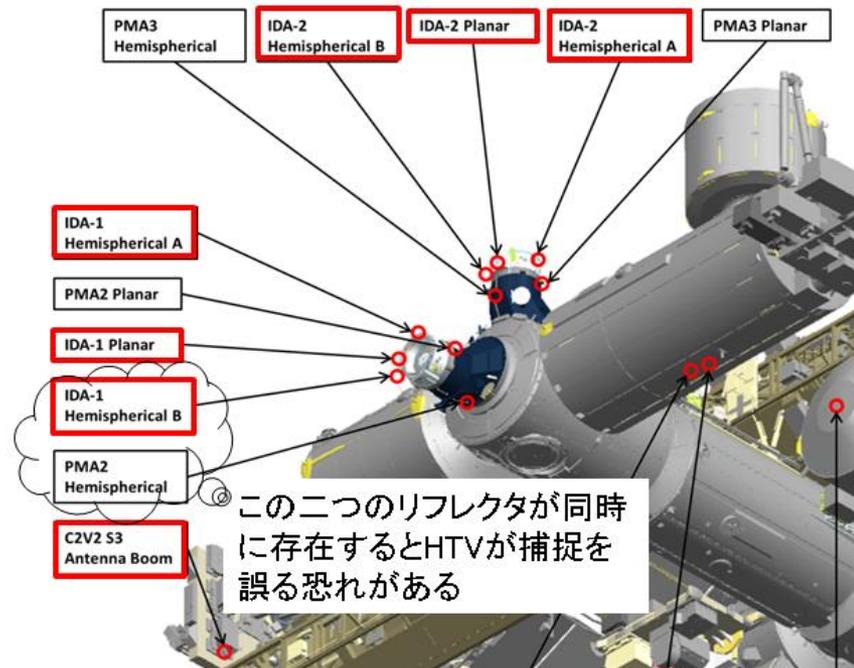
No.	主な変更内容	打上げ/軌道上安全評価への主な影響
推進モジュール関連		
(6)	薄膜太陽電池フィルムアレイシートモジュール軌道上実証システム(SFINKS)を設置	打上げ/軌道上荷重への構造が耐えられることや、シャープエッジ等機械的ハザード源がないことを確認した。(電氣的I/Fはテレメのみ)
電気モジュール関連		
(7)	運用性向上のためのフライトソフトウェア改修 ①ISS搭載リフレクタコンフィギュレーション変更に対するロバスト性向上 ②KITE運用手順の一部自動化 ③GPSR FDIRの誤作動抑制 ④姿勢決定系ロジックの修正	①ISSに搭載されているリフレクタの配置及び個数を補正しリフレクタの再捕捉ロジックを強化 ②KITE運用を行うため、再突入モード移行を抑制する設定を追加 ③近傍通信断から復帰した際に不必要な異常検知をしていたので、ロジックを修正 ④ISSから離脱した際のヨー角の誤差を補正 上記は安全制御やその検証方法には影響しない。改修後の機能については試験で問題ないことを確認した。



5. HTV5号機ミッションからの反映／変更事項への対応

(8) HTV5号機で対策済みの事項に係る補足

- ISSのリフレクタ配置変更。
 - ・ HTV5号機打上げ前に予定されていたISS側のリフレクタ配置変更への対応について、IDA-1を搭載したSpX-7号機が打上げ失敗により失われたため、結果としてHTV5号機ではHTV4号機と同じリフレクタ配置のままミッションが実施された。
 - ・ 今回、HTV6号機の前に打ち上げられるSpX-9号機がIDA-2を輸送し、元々IDA-1が取り付けられる予定だった場所にIDA-2が取り付けられる予定のため、HTV5号機打上げ前に実施した検証結果がそのままHTV6号機にも適用できる。
- NASA水バッグからの漏水対策
 - ・ HTV4号機で発生したNASA水バッグからの漏水への対策として、個々のバッグの漏洩検査強化(NASAが実施)や追加封入(JAXAが実施)を行った。
 - ・ 上記対策の結果、HTV5号機で輸送した水バッグからは漏洩が発生せず、対策の有効性が確認された。



HTV5号機の審査で示したISSのリフレクタ配置変更

注)IDA-1/IDA-2: 国際標準ドッキングアダプタ



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、HTV6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。HTV6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HTV6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。	4.2⑨ 4.2⑪
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	HTV6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。 ・打上げ形態で圧カリリース機能が適切に動作すること。 ・バッテリーの充電が適切に行われたこと。	4.2⑧ 4.3(2)



7. 結 論

JAXAは、HTV6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)

クルー/ISSの損失

クルーの損失

船内活動員の損傷

火災

4.2項①

減圧

4.2項②

汚染

推進薬の船内持ち込み

4.3項(1)

オフガス等による空気汚染

4.2項③

ガラス破片の飛散

4.2項④

衝突

回転体の搭乗員への衝突

4.2項⑦

不適切な電気設計

感電

4.2項⑨

不適切な人間工学設計

緊急退避不能

4.2項⑫

高温表面への接触

4.2項⑬

鋭利端部への接触

4.2項⑭

挟み込み

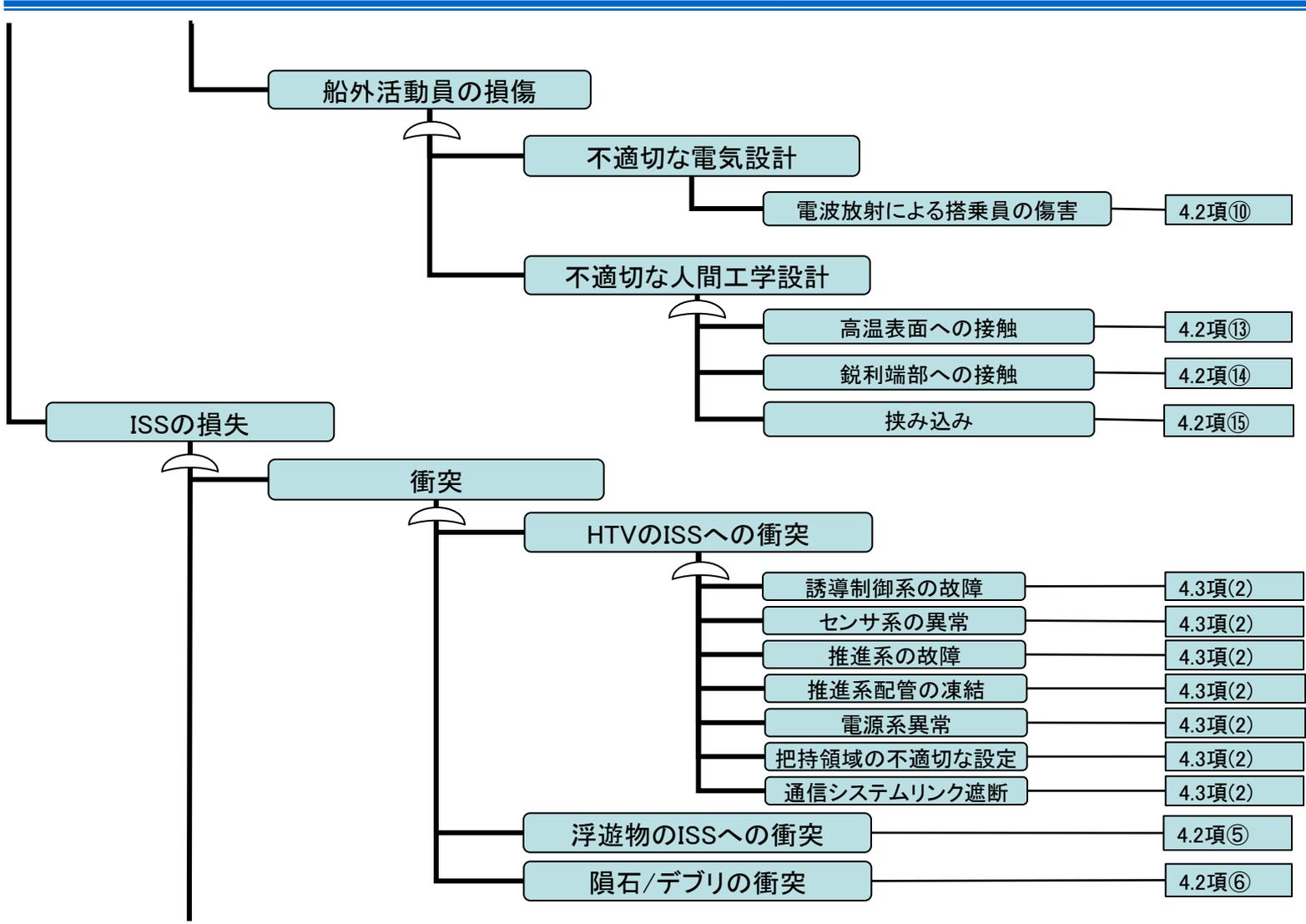
4.2項⑮

騒音

4.2項⑯

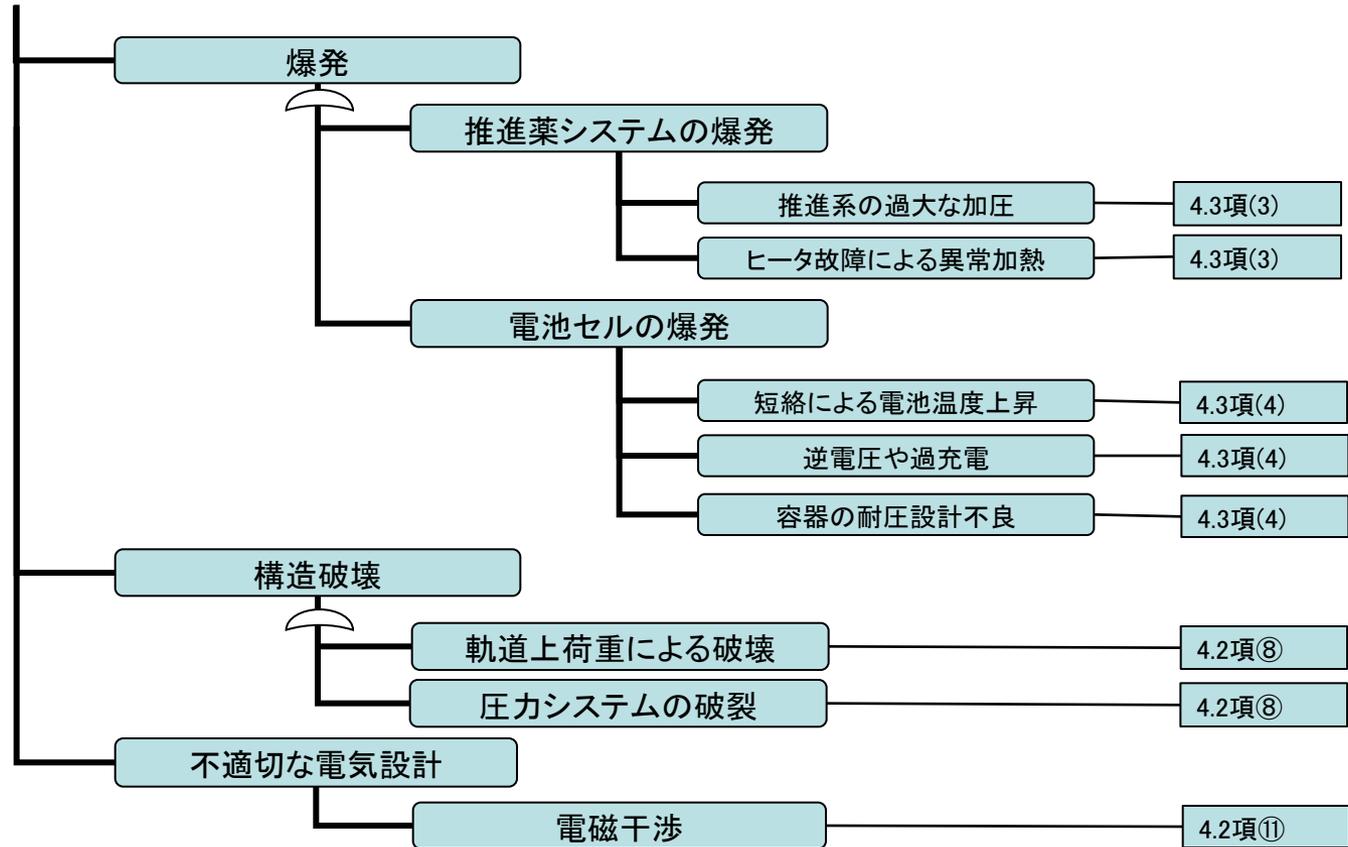


付図-1 HTVハザード FTA (2/3)





付図-1 HTVハザード FTA (3/3)





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

II クリティカル

重度な人員の傷害・疾病をもたらす状態

III マージナル

軽度な人員の傷害・疾病をもたらす状態



安全解析の方法 (2/2)

JAXAはハザードを網羅的に識別し、その制御方法を設定し、判断の妥当性を検証する一連の作業を行っている。

安全審査	安全審査のタイミング	安全審査の目的
フェーズ0	概念設計終了時	<ol style="list-style-type: none">1. ハザード識別法、識別結果の確認2. 適用すべき安全要求の識別結果の確認
フェーズⅠ	基本設計終了時	<ol style="list-style-type: none">1. 基本設計における全ハザード及びハザード原因の識別結果の確認2. ハザード制御方法の妥当性の評価3. 検証方法の確立が妥当かの評価
フェーズⅡ	詳細設計終了時	<ol style="list-style-type: none">1. 詳細設計における全ハザード及びハザード原因の識別結果の確認2. ハザード制御方法が設計上実現されていることの確認3. 検証方法の詳細が設定されていることの確認
フェーズⅢ	認定試験終了時	<ol style="list-style-type: none">1. 製品が全ての安全要求に合致していることの確認2. 検証が終了したことの確認3. A/Iがすべてクローズしていることの確認



(付録3)

宇宙ステーション補給機 「こうのとり」6号機 (HTV6) の 再突入に係る安全評価について

平成28年7月1日

国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構

HTV: H- II Transfer Vehicle



目 次

1. はじめに
2. JAXA安全評価による安全性確認結果
3. HTV6号機の再突入計画
 - 3.1 再突入までの運用計画
 - 3.2 再突入の実施条件
 - 3.3 再突入の飛行経路と着水予想区域
 - 3.4 航空機及び船舶に対する通報
4. 安全管理計画
 - 4.1 組織及び業務
 - 4.2 安全教育訓練の実施状況
 - 4.3 緊急事態への対応
5. その他安全対策実施に当たっての留意事項
6. 結論



1. はじめに

- 宇宙ステーション補給機「こうのとり」(HTV)の打上げ及び再突入に係る安全評価については、これまで宇宙開発委員会(平成24年7月に廃止)において、「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」により調査審議されてきた。
- 平成24年9月6日の宇宙開発利用部会において、上記を踏襲した以下の評価基準が定められ、以後同部会において適宜改定が行われている。

「ロケットによる人工衛星等の打上げに係る安全対策の評価基準」

また、平成27年4月9日の宇宙開発利用部会(第8期)において調査・安全小委員会が設置され、同小委員会に対して、宇宙ステーション補給機「こうのとり」(HTV)のISS近傍での運用(接近、係留、離脱フェーズ)と再突入に当たってJAXAが行う安全対策の妥当性について調査検討するよう付託された。

- 今回、HTV6号機の再突入計画について、JAXAにおける各種安全評価による安全性確認が完了したため、その安全対策の評価基準への適合性について評価をお願いする。



2. JAXA安全評価による安全性確認結果(1/5)

JAXAは、HTV6号機の再突入に関する安全対策について、以下に示す安全審査においてその妥当性を確認した。

JAXA有人安全審査会：平成 28年 5月26日
【結論】承認

JAXA安全審査委員会：平成 28年 6月 7日
【結論】承認

これらの審査において確認された安全対策の「ロケットによる人工衛星等の打上げに係る安全対策の評価基準」に対する適合性評価を次ページ以降に示す。



2. JAXA安全評価による安全性確認結果(2/5)

表1「ロケットによる人工衛星等の打上げに係る安全対策の評価基準」に対する適合性評価結果(1/4)

項番	基準内容(必要部抜粋)	HTV6号機	前号機までの評価結果
I	目的・適用	—	
II	保安及び防御対策	N/A	
III	地上安全対策	N/A	
IV	飛行安全対策 ロケットによる人工衛星等の打上げに伴い発生する落下物等及びロケットの飛行、及び再突入機の再突入飛行に対する安全対策、並びに航空機及び船舶の安全確保について、以下に示すとおり、適切な方策を講じることが必要である。	以下に示す通り、適切な方策を講じている。	
	1 打上げ時の落下物等に対する安全対策	N/A	
	2 打上げ時の状態監視、飛行中断等の安全対策	N/A	
	3 再突入機の再突入飛行の安全対策 再突入飛行に関しては、以下に示す適切な方策を講じることにより、安全を確保すること。 (1) 正常飛行時の再突入着地予想区域の設定 正常飛行時の着地予想区域は以下のいずれかを満たすこと。 ① 陸地及びその周辺海域にないこと ② 陸地及びその周辺海域に設定する場合には、当該国の了解を得ること	【本資料3.3項】 HTV6号機の着水予想区域は他国の排他的経済水域外(公海上)に設定した着水予定区域内としており①を満足している。	同左



2. JAXA安全評価による安全性確認結果(3/5)

表1「ロケットによる人工衛星等の打上げに係る安全対策の評価基準」に対する適合性評価結果(2/4)

項番	基準内容(必要部抜粋)	HTV6号機	前号機までの評価結果
	(2) 飛行経路の設定 再突入飛行中の再突入機に不具合が発生したことによる着地点分散域については、人口稠密地域から可能な限り離れて通過するよう飛行経路を設定すること。	【本資料3.3項】 HTV6号機の軌道離脱マヌーバに異常が生じた場合でも極力人口稠密地域を避けるよう、陸域から離れた公海上に着水する経路としている。	同左
	(3) 再突入飛行の可否判断の実施 再突入飛行に際しては、次の情報等により再突入飛行の実施の可否を判断すること。 ① 軌道、位置、姿勢 / ② 姿勢制御系機能 / ③ 推進系機能	【本資料3.2項】 HTV6号機の左記基準に規定された各種テレメトリに係る通信機能の検証は完了しており、これらのデータから再突入飛行の実施の判断を適切に行うことが可能である。	同左
	4 航空機及び船舶に対する事前通報 ロケット打上げ及び再突入機の再突入飛行に際して、航空機及び船舶の航行の安全を確保するため、打上げ前及び再突入飛行前の適切な時期に必要な情報が的確に通報されるよう措置すること。	【本資料3.4項】 HTV6号機の再突入に関し、国内及び関係国の関係機関に対し、航空機及び船舶の安全確保に必要な情報を適切な時期に通知する予定である。	同左
	5 軌道上デブリの発生の抑制 軌道上デブリ(軌道上における不要な人工物体)となるものの発生については、次のとおり対策をとるほか、設計段階から合理的に可能な限り抑制するように考慮すること。 (1) 軌道投入段の破壊・破片拡散防止 (2) 分離機構等 ロケットの段間分離機構、ロケット・衛星間分離機構、衛星の展開部品については可能な限り破片等を放出しないように配慮すること。	【本資料3.5項】 HTVが従来通り確実な再突入を行うため、KITEミッション後はエンドマス及びテザーを分離して放出することとした。ただし、エンドマス及びテザーは半年以内に地球に落下し長期間軌道に残らない。 (1)、(2)に該当する部品は無い。	従来はミッション機器も含めて放出物はなし。



2. JAXA安全評価による安全性確認結果(4/5)

表1「ロケットによる人工衛星等の打上げに係る安全対策の評価基準」に対する適合性評価結果(3/4)

項番	基準内容(必要部抜粋)	HTV6号機	前号機までの評価結果
V	<p>安全管理体制 地上安全対策、飛行安全対策を確実に遂行するため、以下のとおり、適切な体制が整備されていること。 なお、機構が委託に応じてロケットの打上げ及び再突入機の再突入に係る業務を行うときは、委託者及びその関係者が実施する作業並びに機構との責任分担を明確にするとともに、機構において委託者及びその関係者を含めた安全管理体制を確立すること。</p>	<p>以下に示す通り、適切な体制が整備されている。なお、HTV6号機の再突入に関し、機構への委託者は無い。</p>	同左
	<p>1 安全組織及び業務 専ら安全確保に責任を有する組織を整備し、これが緊密な通信手段により有機的に機能するように措置すること。 また、安全上のあらゆる問題点について、打上げ及び再突入飛行の責任者まで報告される体制を確立すること。</p>	<p>【本資料4.1項】 HTV6号機の運用体制において安全確保に責任を有する組織を設置しており、また本体制は安全上のあらゆる問題点について責任者まで報告される仕組みとなっている。 再突入運用についても、この枠組みの中で実施する計画である。</p>	同左



2. JAXA安全評価による安全性確認結果(5/5)

表1「ロケットによる人工衛星等の打上げに係る安全対策の評価基準」に対する適合性評価結果(4/4)

項番	基準内容(必要部抜粋)	HTV6号機	前号機までの評価結果
	<p>2 安全教育訓練の実施</p> <p>ロケットの打上げ及び再突入機の再突入飛行作業に携わる者への安全教育・訓練を実施するとともに、安全確保に係る事項の周知徹底を図ること。</p>	<p>【本資料4.2項】</p> <p>HTV6号機の運用管制については、ISSへの接近及び離脱運用も含めて各種故障を模擬した運用シミュレーション訓練を実施している。運用シミュレーションにはJAXAの運用管制班の他、必要に応じてNASAの運用チームも参加し、運用時の情報伝達、指揮系統の確認の他、異常時の対応も含めた総合的な訓練を実施している。</p> <p>また、安全確保に係る事項についてはフライトルール等により明文化し周知徹底している。</p>	<p>従来の訓練に追加してKITEのミッションの運用訓練を実施している。</p>
	<p>3 緊急事態への対応</p> <p>打上げ作業期間中に事故が発生した場合等の緊急事態等に的確に即応するための体制を確立すること。</p>	<p>【本資料4.1項／4.3項】</p> <p>緊急事態への即応については通常の運用体制で対応可能である。また、事故発生時の体制は既に確立している。</p>	<p>同左</p>
VI	<p>その他安全対策実施に当たっての留意事項</p> <p>個々のロケットの打上げ及び再突入機の再突入飛行に係る安全対策実施に当たっては、関係法令を遵守する他、手順書等に基づき安全を確認しつつ実施するとともに、過去におけるロケットの打上げ及び再突入機の再突入の経験等と打上げ及び再突入に関する最新の技術的知見を十分に踏まえて必要な措置をとり、安全確保のため万全を期すること。</p>	<p>【本資料5項】</p> <p>HTV6号機の再突入に当たっては、関係法令を順守すると共に予め手順書で規定した手順に沿って安全を確認しつつ実施する予定である。また、再突入に係る機能を冗長化する等、ISSの知見も踏まえ安全確保に万全を期している。</p>	<p>同左</p>

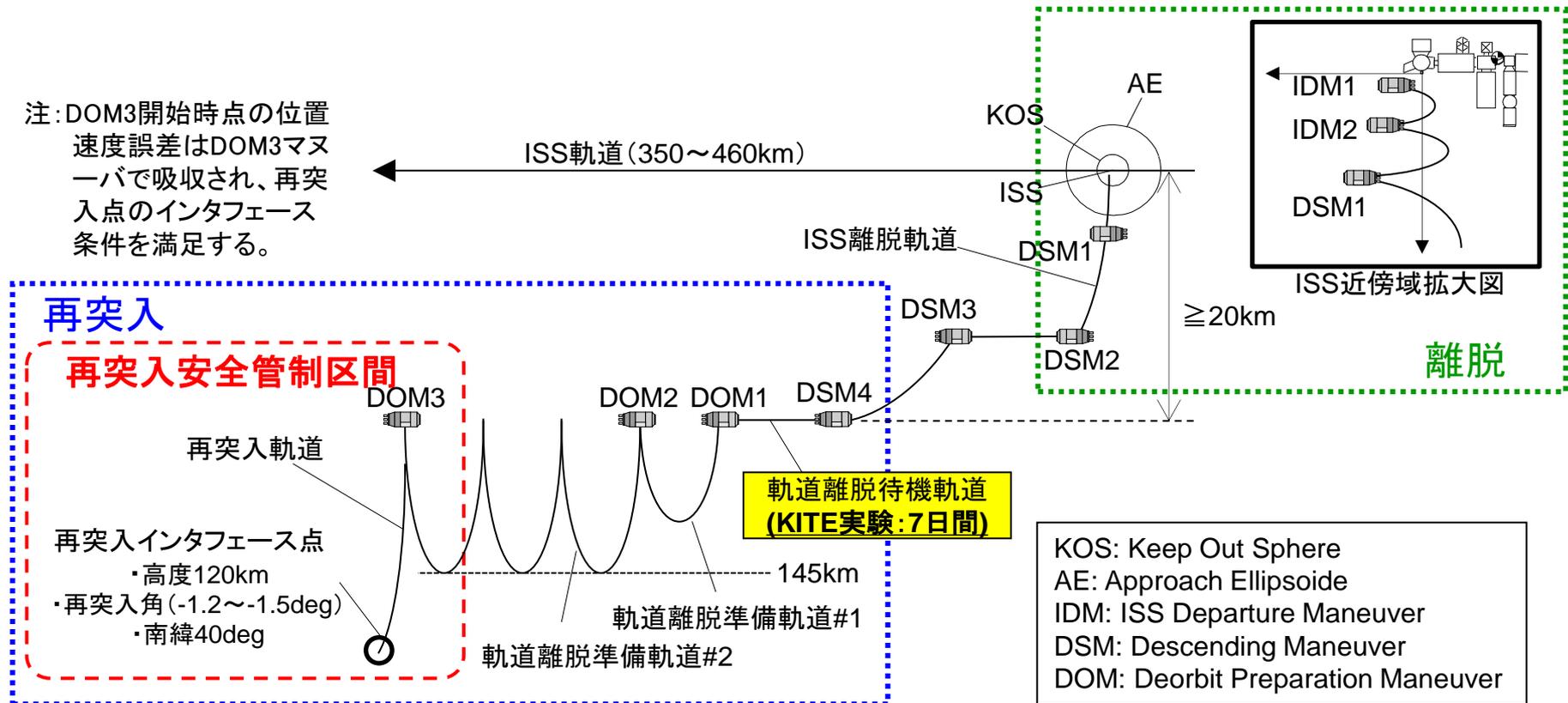


3. HTV6号機の再突入計画

3.1 再突入までの運用計画(1/3)

- HTV6は、ISSから離脱後軌道離脱待機軌道まで軌道変更し、KITE実験を実施する。実験終了後は軌道制御しながら大気圏へ再突入し、計画された海域に落下する。
- 再突入の際は、2回の軌道離脱準備マヌーバを経て再突入の安全管理に移行する。安全管理区間では、それまで実施していたテレメトリデータ等による監視に追加して、HTV再突入安全監視設備(ROE)によるリアルタイムの軌道監視を行う。

注: DOM3開始時点の位置
速度誤差はDOM3マヌーバで吸収され、再突入点のインターフェース条件を満足する。





3. HTV6号機の再突入計画

3.1 再突入までの運用計画(2/3)

HTV6の打上げからISSへの飛行・係留・離脱及び再突入までの運用計画を以下に示す。

イベント	打ち上げ後経過時間	周回数(概算)	中継衛星
①打上げ		-	-
②HTV分離/TDRS初期捕捉	約15分	0	TDRS-W
③2軸姿勢確立	約55分	0	TDRS-E
④3軸姿勢確立	約1時間25分	0	TDRS-Z
⑤初期高度調整マヌーバ(PM1)	約7時間35分	5	TDRS-Z
⑥第1回高度調整マヌーバ(HAM1)	約2日1時間40分	33	
⑦第2回高度調整マヌーバ(HAM0)	約3日10時間35分	55	
⑧第3回高度調整マヌーバ(HAM2)	約3日13時間40分	57	
⑨ISS後方保持点(AI)到着(T1)	約3日14時間30分	57	
⑩SSRMS(ロボットアーム)による把持	約3日18時間20分	60	
⑪ISS結合	約3日22時間50分	-	
⑫ISS離脱	約57日23時間10分	0	
⑬軌道離脱準備マヌーバ#1(DOM1)	約65日15時間55分	123	
⑭軌道離脱準備マヌーバ#2(DOM2)	約65日17時間25分	124	TDRS-W
⑮再突入マヌーバ(DOM3)	約65日21時間55分	127	TDRS-Z
⑯再突入インタフェース点(高度120km)	約65日22時間25分	127	TDRS-W

打上げ1か月前の飛行計画に基づき、適宜予約を行う

再突入フェーズ

- ※ISS結合までの経過時間は、打ち上げ前のISS軌道に合わせて最終的に更新される予定。
- ※ISS離脱から再突入までの経過時間は、ISSの運用状況に合わせて見直される可能性がある。
- ※中継衛星については、HTVの運用計画の変更により、見直される可能性がある。



3. HTV6号機の再突入計画

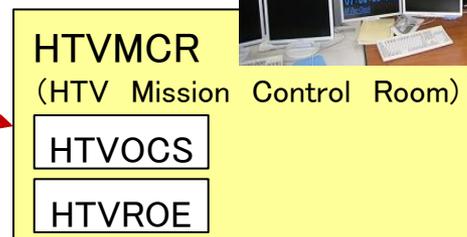
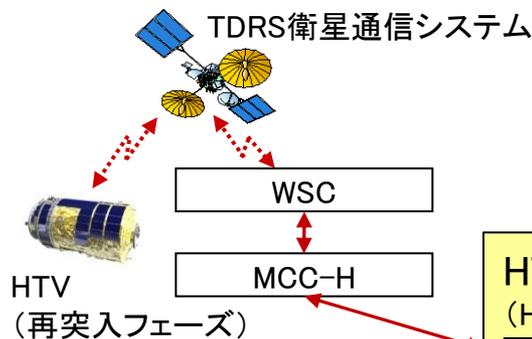
3.1 再突入までの運用計画(3/3)

再突入時の監視及びコマンド発行に必要なTDRSとの通信リンクについては、実際の再突入時の軌道や条件(以下)を考慮して可視性を確認済みである。

- (1)ISS高度460/407/350kmのそれぞれの場合に対して、着水予定区域の西側・東側に着水する両再突入軌道について確認
- (2)機体質量16500kg;メインスラスト2基運用ケース
- (3)姿勢制御誤差を考慮し、「TDRSに対するアンテナ上下角75deg以上で可視」という前提条件を設定

評価結果

軌道離脱マヌーバおよびその開始5分前～終了70秒後における区間において、1局のTDRSのみで可視区間が設定できることを確認した。



TDRS: Tracking and Data Relay Satellite
 WSC: White Sands Complex
 MCC-H: Mission Control Center - Houston
 HTVOCS: HTV運用管制システム
 HTVROE: HTV再突入安全監視設備

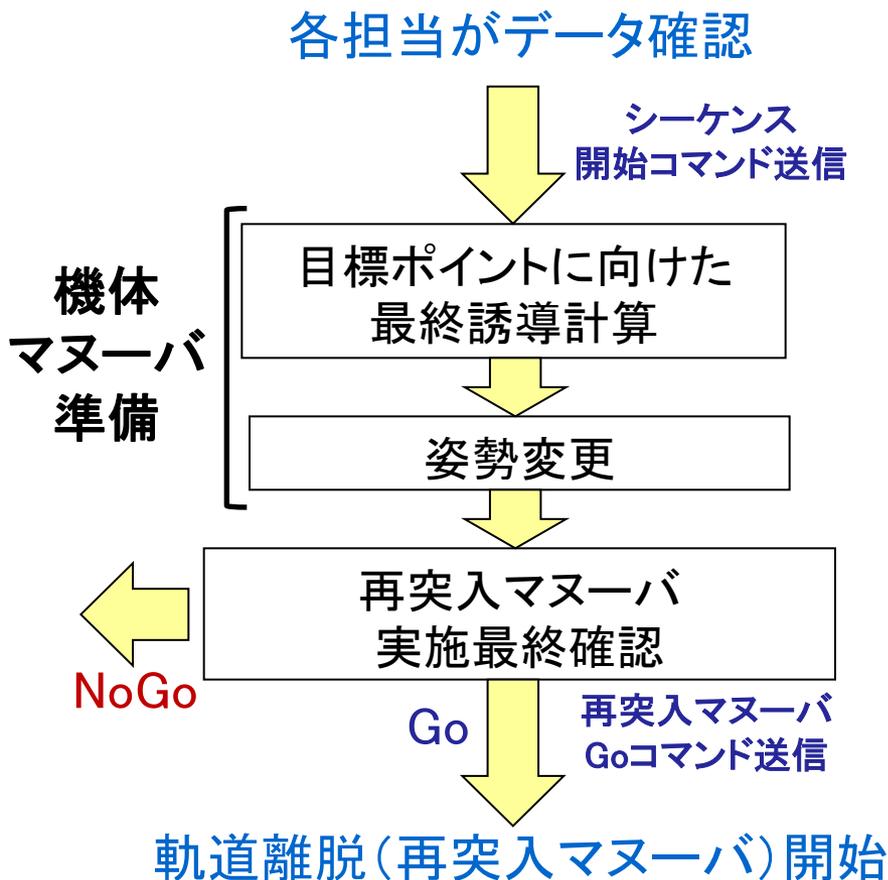


3. HTV6号機の再突入計画

3.2 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うる状態であること。
- 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うる状態であること。



※上記①～③の確認には、TDRS衛星間通信システム及び地上管制システムを使用することにしており、これらの確認は打上げ前に実施される予定。

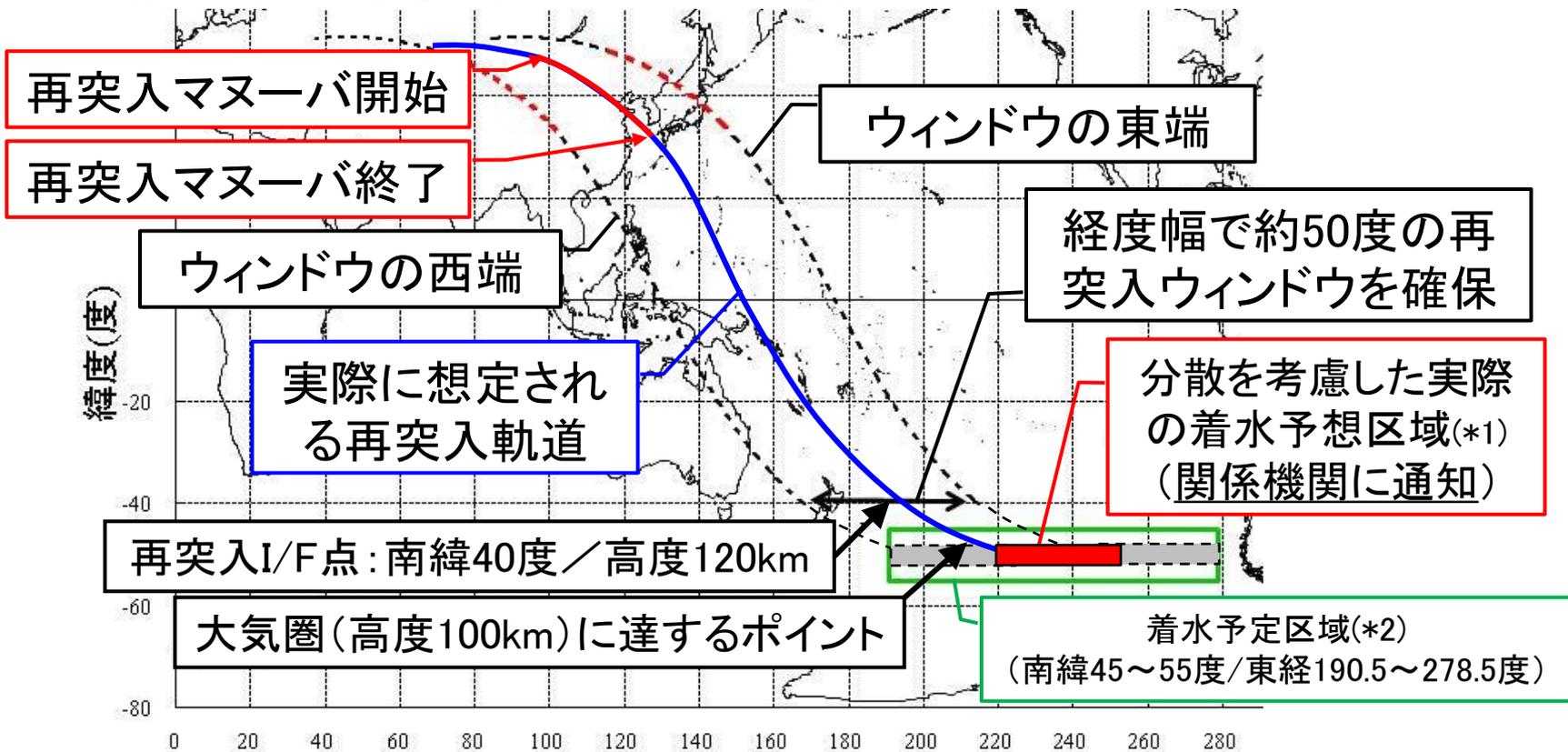
GNC: Guidance Navigation and Control



3. HTV6号機の再突入計画

3.3 再突入の飛行経路と着水予想区域

- HTVの再突入経路は最終的にISSから離脱する際の条件(機体質量、推力及び離脱時のISS高度等)を踏まえて以下のウィンドウに入るように設定する。
- 飛行経路がウィンドウの西端に近い場合でも大気圏(高度100kmと想定)に進入した段階で海上となるように計画している。



(*1) 打上げ後、実際のISS離脱軌道情報に基づき確定 (*2) 排他的経済的水域及び人の住む島を含まない区域 12



3. HTV6号機の再突入計画

3.4 航空機及び船舶に対する通報

【航空機】

- ・ 3.3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】

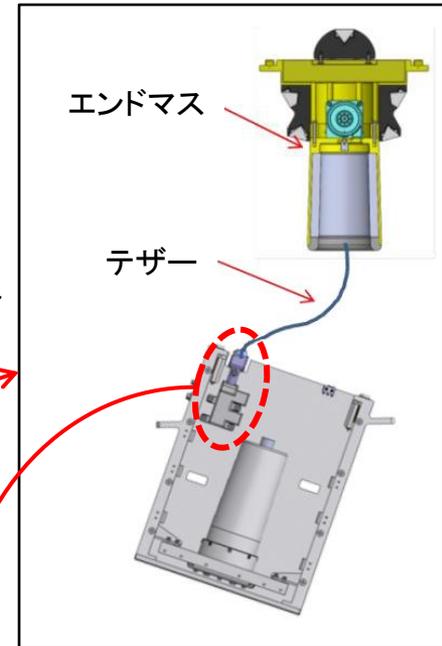
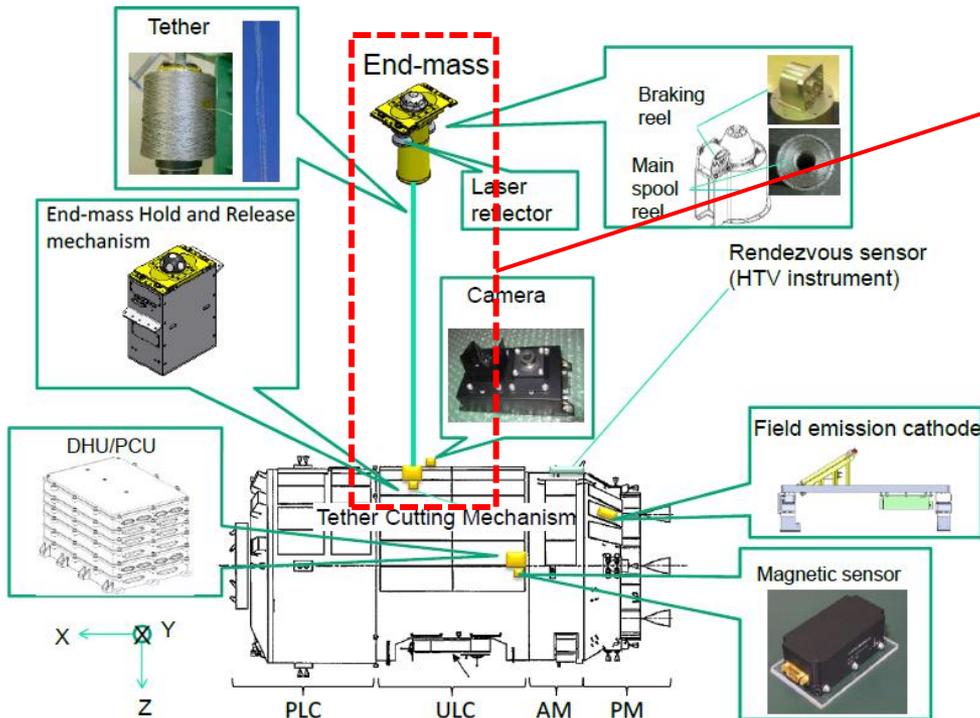
- ・ 海上保安庁が行う日本航行警報及び水路通報のため、必要な情報を所定の手続きに従って海上保安庁に通知する予定である。
- ・ 3.3項で示した着水予定区域はチリとニュージーランドの関係機関の所管であるため、両国関係機関が実施するNAVAREA航行警報（インマルサットによる情報配信）のために、5日以上前に両国機関に情報通知を行う予定である。



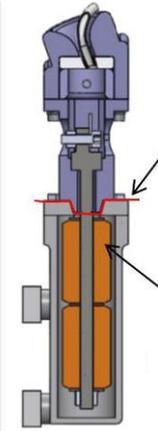
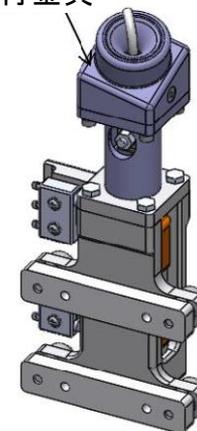
3. HTV6号機の再突入計画

3.5 軌道上デブリの発生の抑制

KITE実験で展開されたエンドマス及びテザー(約700m)は、実験終了後テザー分離機構によりHTV側で切断される。分離機構のボルトカッター(熱により切断機構を駆動)は冗長構成とし、確実に分離できるように配慮している。また、分離後のエンドマス及びテザーの軌道を評価し、半年以内に大気圏に落下し溶融消失することを確認した。



テザー取付金具



分離面

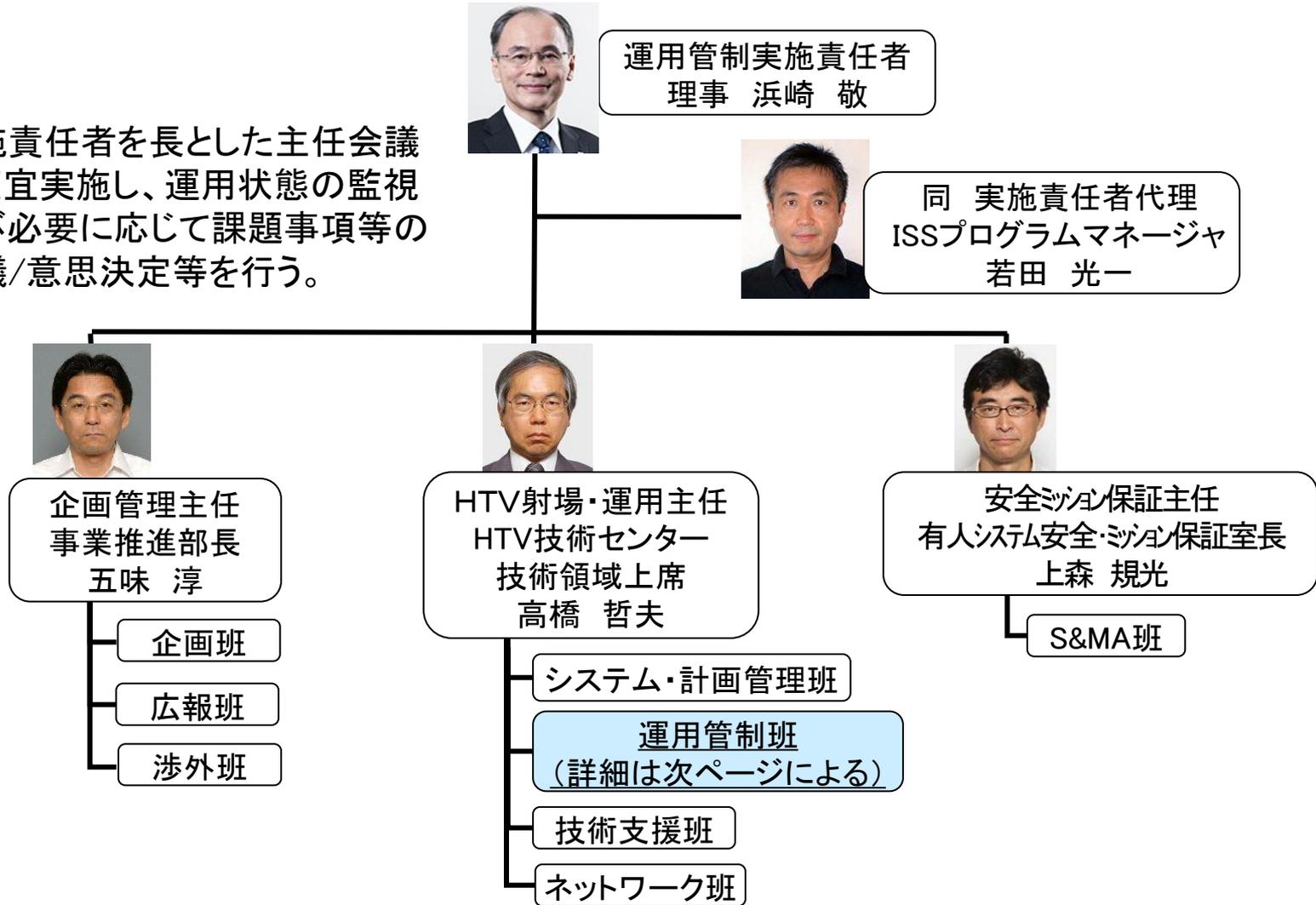
アクチュエータ (冗長)



4. 安全管理計画

4.1 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。

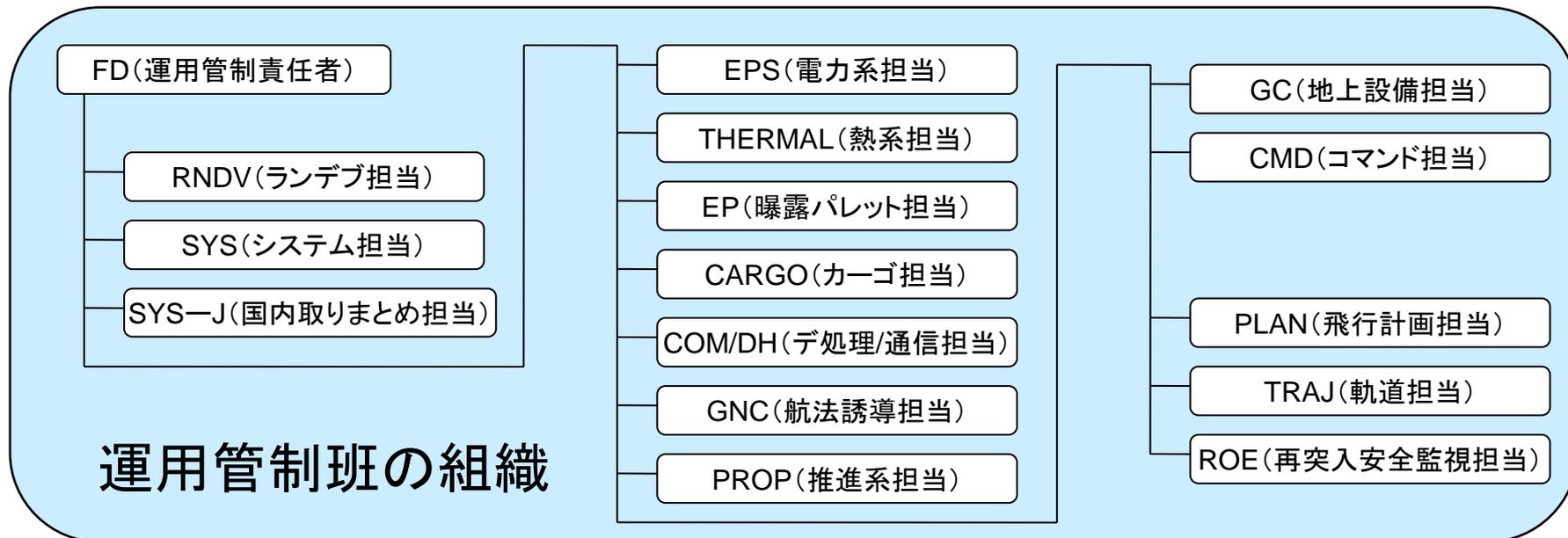


HTV6号機 運用管制体制



4. 安全管理計画

4.1 組織及び業務(2/2)



- ・ 運用管制要員になるためには、各ポジションでの役割に応じた所定の訓練及び試験等をクリアし、認定を受ける必要がある。
- ・ 認定には、HTVや地上システムに関する知識だけでなく、担当するシステムがインタフェースするISSシステム等に係る幅広い知識、また英語も含むコミュニケーション能力等が要求される。



4. 安全管理計画

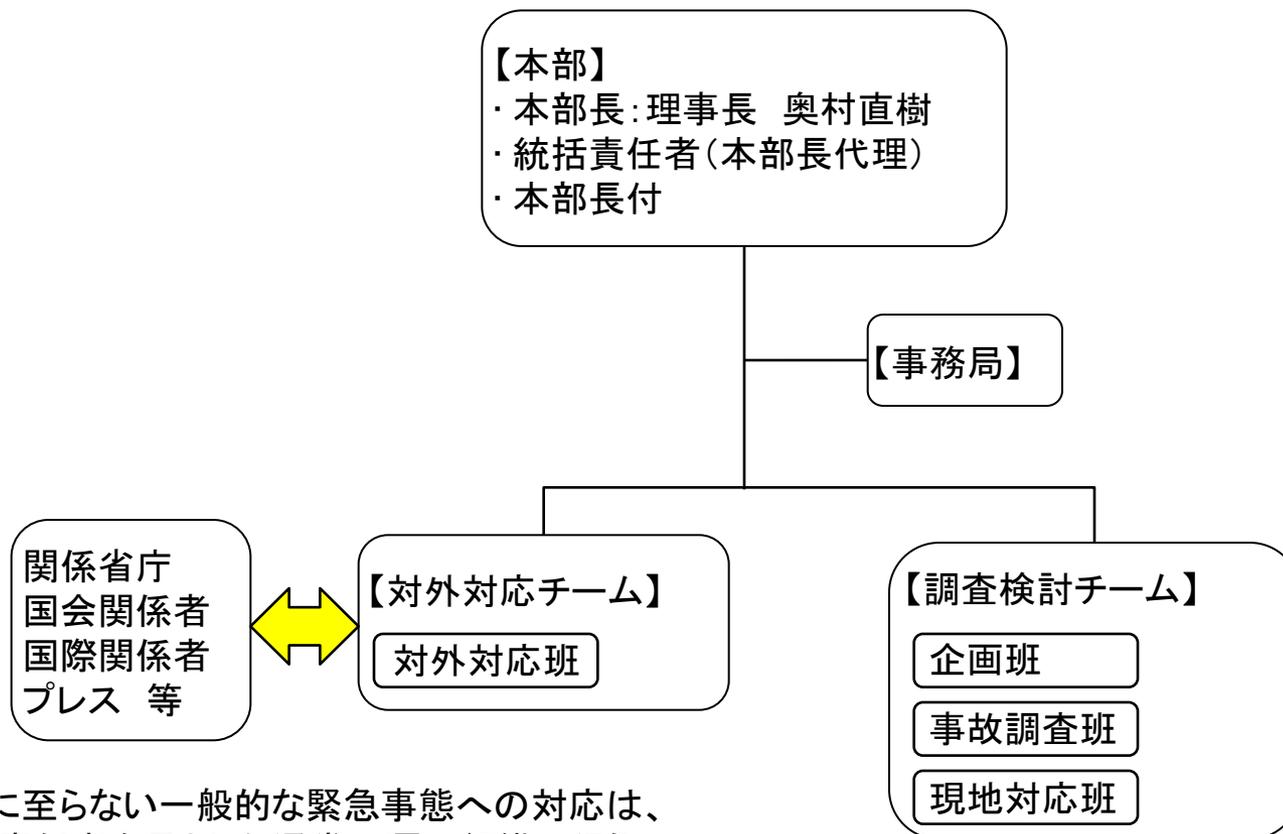
4.2 安全教育訓練の実施状況

- 約3／4の人員がこれまでのHTVミッション経験者である。1／4の新人は全員決められた教育・訓練を経て認定された者である。
- HTV6ミッションに向けて、技量維持や新人訓練のために各種故障の模擬も含めた運用シミュレーション訓練を継続している。
＜HTV5ミッション以降の訓練実績（平成28年6月13日時点）＞
飛行訓練：国内訓練9回、日米合同訓練4回。計13回（全25回の予定）
係留訓練（参考）：国内訓練5回。（全11回の予定）
KITEミッション訓練：1回（全5回の予定 うち2回はHTV飛行訓練と合同）
- ISSへの接近、離脱及び再突入のいずれの運用においても飛行訓練の内容自体に大きな差異は無く、全ての飛行訓練が再突入運用の訓練としても有効である。また、再突入フェーズに特化した訓練（全3回）も含め今後も飛行訓練を継続する予定である。



4. 安全管理計画

4.3 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



5. その他安全対策実施に当たっての留意事項

HTV6号機の再突入の安全対策実施に当たっては、以下を留意する。

(1) 法令、条約等の遵守

再突入実施にあたっては以下の基準、条約等を遵守する。

- ・ 宇宙開発利用部会基準

ロケットによる人工衛星等の打上げに係る安全対策の評価基準

- ・ 宇宙条約第7条

他の当事国、その自然人、法人に与える損害についての国際的責任

- ・ 宇宙損害責任条約第2条

打上げ国は、自国の宇宙物体が地表において引き起こした損害又は飛行中の航空機に与えた損害の賠償につき無過失責任を負う

(2) 手順書に基づく再突入の実施

再突入の実施に必要な手順については、その内容を予め手順書化し、4.2項で示した訓練等で十分な確認を行う。

(3) 経験及び最新の知見に基づく措置

再突入に必要な機能については冗長性を有する等、ISSに関する知見も踏まえ安全確保のために万全を期している。



6. 結 論

JAXAは、宇宙ステーション補給機「こうのとり」6号機 (HTV6)に関する安全審査を終了し、各種安全評価結果が安全対策の評価基準に合致していると判断した。