

資料 41-2-1

科学技術・学術審議会  
研究計画・評価分科会  
宇宙開発利用部会  
(第 41 回) H30. 4. 2

国際宇宙ステーション(ISS)に提供する  
ISS 構成要素及び搭載物の安全性確認について  
(HTV 搭載小型回収カプセル(HSRC) 調査審議結果)  
(案)

平成 30 年 4 月 2 日  
科学技術・学術審議会  
研究計画・評価分科会  
宇宙開発利用部会

## 目 次

1. 概要
2. 調査審議の方法
3. 調査審議の結果

参考 1 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会  
宇宙開発利用部会 委員名簿

参考 2 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会  
宇宙開発利用部会 調査・安全小委員会 委員名簿

参考 3 平成 29 年度 国際宇宙ステーション（ISS）に日本が提供する ISS 構成要素及び搭載物に係る安全性について

付録 1 国際宇宙ステーション（ISS）に提供する実験装置（HTV 搭載小型回収カプセル（HSRC））に関する安全審査結果について

## 1. 概要

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（以下「JAXA」という。）では、日本が国際宇宙ステーション（以下「ISS」という。）に提供する全てのISS構成要素及び搭載物（以下「要素・搭載物」という。）について、個別に安全審査を実施している。

科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会宇宙開発利用部会（以下「宇宙開発利用部会」という。）では、JAXAが実施している安全審査が適切であることを確認するため、調査審議を行った。本資料は、その調査審議の結果を取りまとめたものである。

## 2. 調査審議の方法

宇宙開発利用部会及び宇宙開発利用部会が設置した調査・安全小委員会は、以下の日程で調査審議を行った。

- ・平成30年3月15日 調査・安全小委員会（第30回）
- ・平成30年4月2日 宇宙開発利用部会（第41回）

調査・安全小委員会は、JAXAから示された資料をもとに、JAXAが実施した具体的な要素・搭載物に係る安全審査の方法や結果等が所定の安全審査のプロセスや考え方に則しているかを、「国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM)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 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会）」（以下「評価指針」という。）に照らして、調査審議を行った。（※1）

宇宙開発利用部会は、調査・安全小委員会における調査審議結果についての報告を受け、たうえで、調査審議を行った。

（※1）今回の調査審議では、ISS構成要素・搭載物が有するハザード（※2）種の数や特殊性（ユニークハザード数）、新規性等を総合的に検討し、HTV搭載小型回収カプセル(HSRC)に係る安全審査の方法や結果等を調査審議した。

（※2）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。

## 3. 調査審議の結果

JAXAが実施した「HTV搭載小型回収カプセル(HSRC)」に係る安全審査の方法や結果等について、安全審査体制・プロセス、安全解析及びそれへの対処の観点から調査審議した結果、JAXAが実施した「HTV搭載小型回収カプセル(HSRC)」に係る安全審査の方法や結果等は妥当であると評価する。また、このことから、JAXAが実施している安全審査のプロセスや考え方は適切に機能していると判断する。

# (参考 1)

## 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会 委員名簿

(五十音順)

### (委員)

部会長代理	青木 節子	慶應義塾大学大学院法務研究科教授
部会長	白石 隆	公立大学法人熊本県立大学理事長

### (臨時委員)

井川 陽次郎	読売新聞東京本社論説委員
芝井 広	大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻教授
柴崎 亮介	東京大学空間情報科学研究センター教授
白井 恭一	慶應義塾大学大学院法学研究科講師（非常勤）/元東京海上日動火災保険株式会社航空保険部部長
高橋 德行	トヨタフジ海運株式会社代表取締役社長
高藪 縁	東京大学大気海洋研究所教授
永原 裕子	日本学術振興会学術システム研究センター副所長/東京工業大学地球生命研究所フェロー
林田 佐智子	奈良女子大学大学院自然科学系教授
藤井 良一	大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 機構長
松尾 亜紀子	慶應義塾大学理工学部教授
安岡 善文	東京大学名誉教授
油井 亀美也	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構有人宇宙技術部門宇宙飛行士運用技術ユニット宇宙飛行士グループ長
横山 広美	東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構教授
吉田 和哉	東北大学大学院工学研究科教授
米本 浩一	九州工業大学大学院工学研究院教授

## (参考2)

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会  
宇宙開発利用部会 調査・安全小委員会 委員名簿

(五十音順)

	飯田	光明	国立研究開発法人産業技術総合研究所環境安全本部 安全管理部審議役
	門脇	直人	国立研究開発法人情報通信研究機構理事
主査代理	木村	真一	東京理科大学工学部電気電子情報工学科教授
	中西	美和	慶應義塾大学工学部准教授
	野口	和彦	横浜国立大学リスク共生社会創造センター センター長/ 大学院環境情報研究院教授
	古橋	智久	東海旅客鉄道株式会社執行役員安全対策部長
	馬嶋	秀行	鹿児島大学大学院医歯学総合研究科教授
	松尾	亜紀子	慶應義塾大学工学部教授
主査	山川	宏	京都大学生存圏研究所教授
主査代理	渡邊	篤太郎	元独立行政法人宇宙航空研究開発機構執行役



# 平成29年度 国際宇宙ステーション(ISS)に 日本が提供するISS構成要素及び搭載物に係る 安全性について

平成30年3月15日

文部科学省  
研究開発局  
宇宙開発利用課

(参考3)

# 1. ISS構成要素と搭載物の安全性に係る責任・役割分担

ISSに提供するISS構成要素や搭載物の安全性に関し、(1)米国航空宇宙局(NASA)と日本国政府との責任・役割の分担、(2)日本国における文部科学省とJAXAとの責任・役割分担は、NASAと日本国政府間の了解覚書(MOU)を踏まえて、以下のとおりとされている。

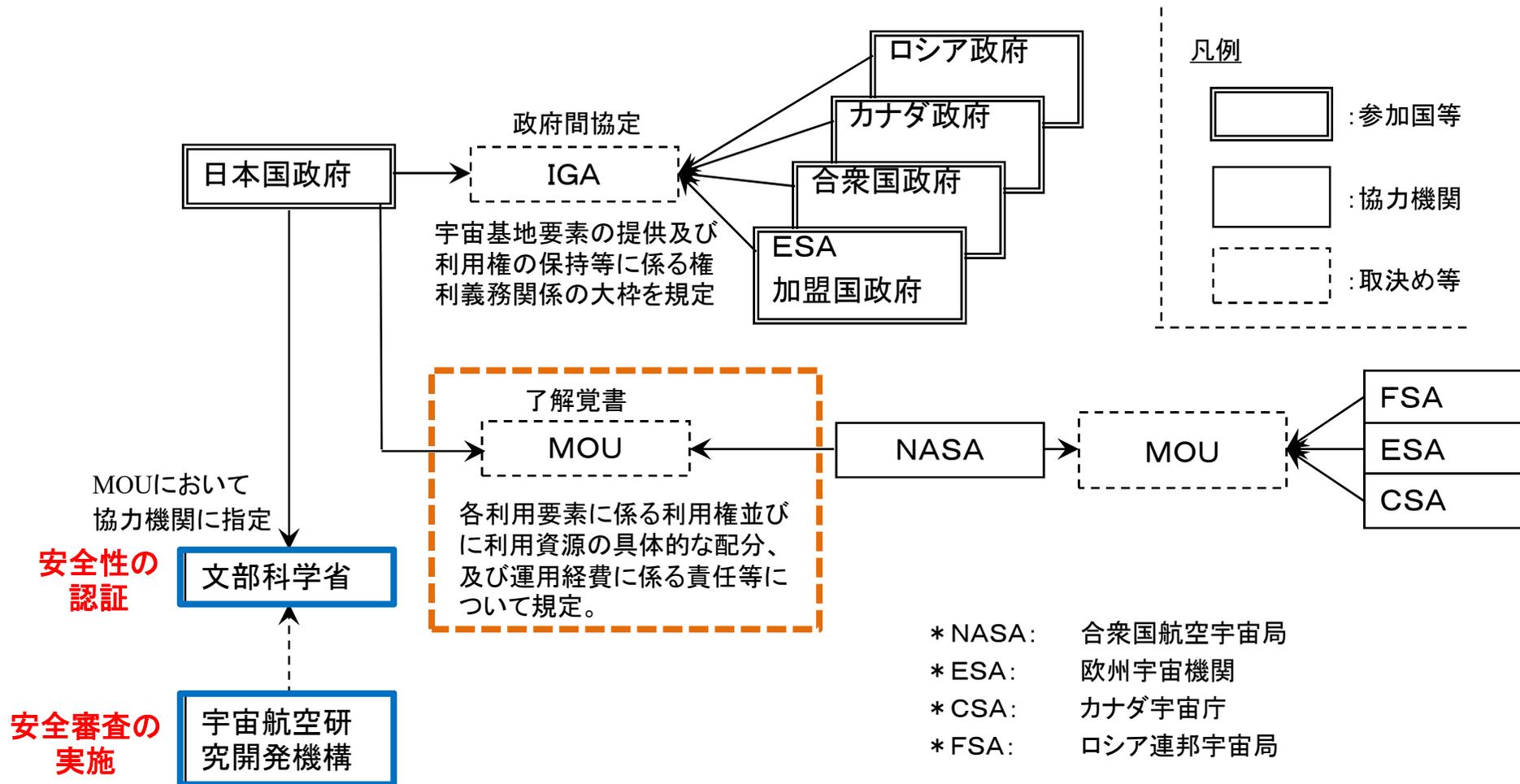
## (1) NASA

- ① ISSの全体的な安全要求の設定、  
及び日本が設定する安全要求が、ISSの全体的な要求に適合することの確認
- ② 日本が行う安全審査の支援
- ③ ISS全体及びISSの構成要素や搭載品が安全要求を満足していることの認証

## (2) 日本国(文部科学省、JAXA)

- ① 日本が提供する要素や搭載物に関する安全要求の設定 <JAXA>  
(NASA設定の全体的な安全要求を満足するよう設定、NASAが確認)
- ② 日本が提供する要素や搭載物に対する安全審査の実施 <JAXA> (NASAが支援)
- ③ 日本が提供する要素や搭載物が安全要求を満足していることの認証 <文科省>

# 1. ISS構成要素と搭載物の安全性に係る責任・役割分担



## 2. 日本国内における安全性の認証の具体的な実施方法

- (1) JAXAは、日本が提供する全ての要素や搭載物に対して、個別に安全審査(安全対策の評価のための基本指針(※)への適合性確認を含む)を実施
  
- (2) 宇宙開発利用部会／調査・安全小委員会は、
  - 年に1回程度、JAXAが実施する安全審査のプロセスが適切であることについてのチェックを実施
  
  - このプロセスのチェックは、打上げ予定の具体的なISS構成要素や搭載物について、安全審査の方法や結果等の妥当性を評価することで実施
    - ※ 平成29年度は、打上げ予定時期と、提供要素・搭載物が有するハザード種の数や特殊性(ユニークハザード数)、新規性等を総合的に検討し、HTV搭載小型回収カプセル(HSRC)にて実施する。
  
  - この評価は、安全対策の評価のための基本指針(※)に照らして実施
    - ※「国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM)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 宇宙開発利用部会決定): NASAや日本のISS構成要素及び搭載物に関する安全要求との整合性をとりつつ、ISS構成要素等の安全対策について調査審議する際の指針
  
- (3) 文部科学省は、JAXAが実施する安全審査結果と宇宙開発利用部会／調査・安全小委員会が実施する妥当性確認をもって、日本が提供する要素及び搭載物の安全性を認証

# 国際宇宙ステーション(ISS)に提供する実験装置 (HTV搭載小型回収カプセル(HSRC)) に関する安全審査結果について

平成30年3月23日 A改訂

平成30年3月15日

国立研究開発法人

宇宙航空研究開発機構

## A改訂内容

- ①安全解析の手順を修正(p.4)
- ②検証結果の記述を修正(p.17~27)
- ③リスク表に関する記載の追加(p.13,33)
- ④検証結果の修正(付表-1p.1(2)ウ)

HSRC: HTV Small Re-entry Capsule

(付録  
1)

# 目次

1. 目的
2. 安全審査の進め方
3. 審査対象
4. 安全解析の概要
5. 結論

添付資料

## 1. 目的(1/2)



JAXAによる有人安全審査プロセスの文部科学省による認証を維持するため、JAXAが実施した「HTV搭載小型回収カプセル」(HSRC)に対する安全審査の結果を示す。

JAXAにおけるHTV搭載小型回収カプセルの有人安全審査は、下記の通り実施し、平成30年2月に終了した。

フェーズ0/1 (基本設計終了時)	有人安全審査会	平成28年3月16,17日 平成28年12月15日
フェーズ2 (詳細設計終了時)	有人安全審査会	平成29年3月21,22日 平成29年8月22日
フェーズ3 (認定試験終了時)	有人安全審査会	平成30年2月23日
	安全審査委員会	平成30年2月27日

## 1. 目的(2/2)

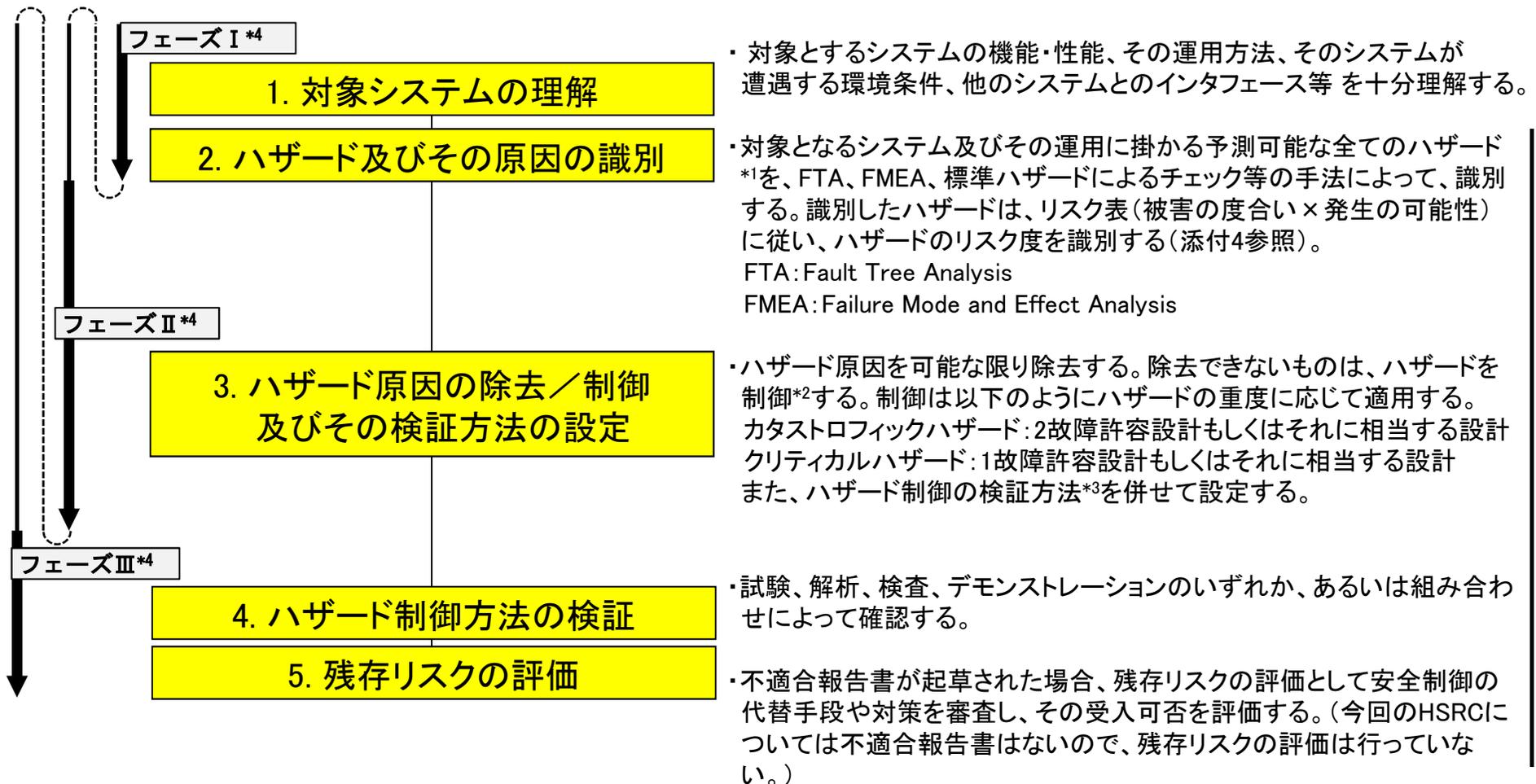


JAXA有人宇宙技術部門の有人安全審査会においてHSRCの安全評価結果について確認した。

また、JAXA安全審査委員会にて、有人安全審査会の審査結果、及び審査した安全評価結果が、文部科学省による「国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM)に係る安全対策の評価のための基本指針」に適合していることについて合わせて確認した。

本報告では、「国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM)に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する適合性も含めてJAXA安全審査で確認したHSRCの安全評価結果について、報告する。

## 2. 安全審査の進め方 (1) 安全解析の手順



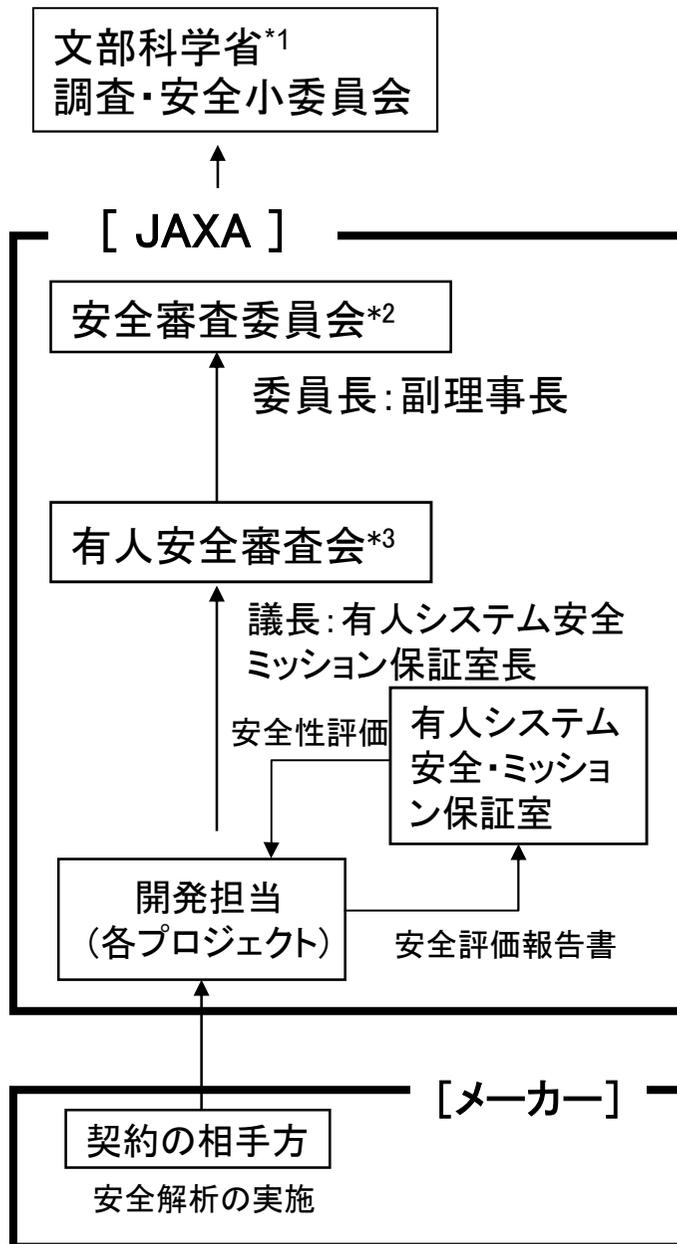
\*1; ハザード  
事故をもたらす要因が顕在又は潜在する状態。

\*2; 制御  
ハザードの影響の発現の可能性を下げる設計あるいは運用の仕組み。

\*3; 検証方法  
その仕組みが有効に機能することを試験、解析、検査、デモンストレーションなどにより確認すること。

\*4; フェーズⅠ, Ⅱ, Ⅲ  
フェーズⅠ: 基本設計終了時  
フェーズⅡ: 詳細設計終了時  
フェーズⅢ: 認定試験終了時

## 2. 安全審査の進め方 (2) 安全審査体制



### \*1. 文部科学省 調査・安全小委員会

JAXAの実施している安全審査の方法や結果等が「国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM)に係る安全対策の評価のための基本指針」に則しているかを調査審議する。

### \*2. JAXA 安全審査委員会

安全に係る事項で、経営意思決定が必要なもの、もしくは外部公表の前に機構として評価／確認が必要なものについて審議する場。(HTV搭載小型回収カプセル(HSRC)に関する安全性評価結果については、有人安全審査会が本資料と付表-1(「国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM)に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する安全検証結果)を示し、審議された。)

- ✓ 委員長: 副理事長
- ✓ 副委員長: 信頼性統括
- ✓ 委員: 全常勤理事、監事等

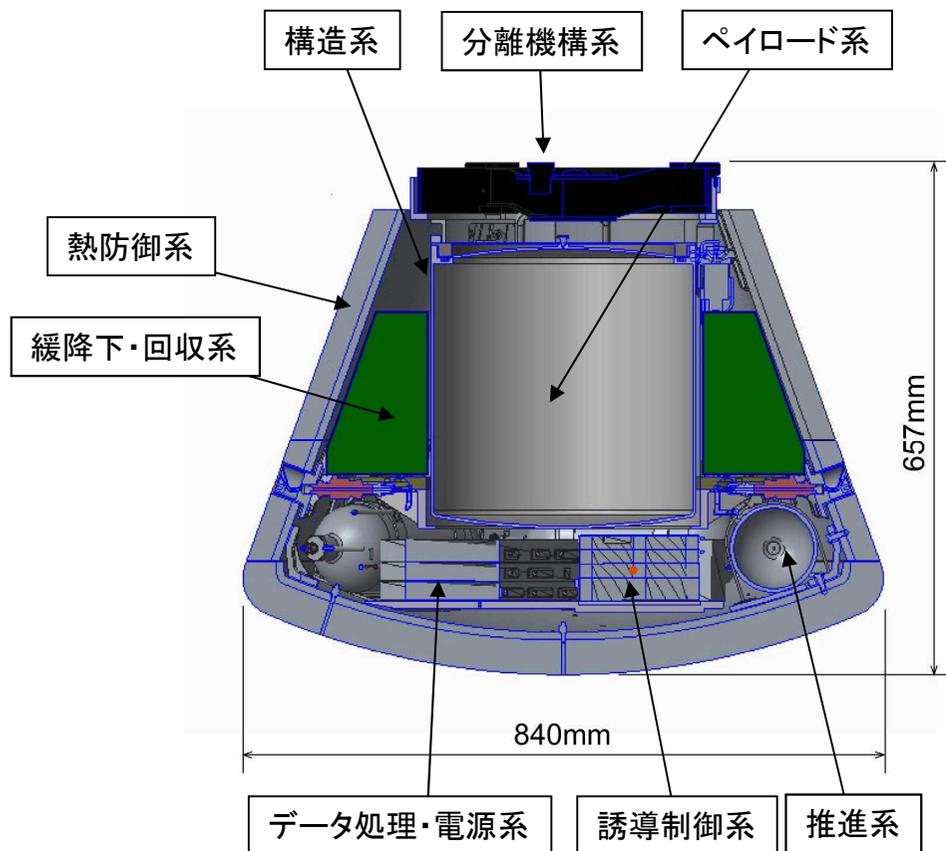
### \*3. JAXA 有人安全審査会

安全に関する技術的な事項を審議する場。NASA安全審査パネルから審査権限が委譲されている。(HTV搭載小型回収カプセル(HSRC)については、開発担当が安全評価報告書を示し、審議した。)

- ✓ 議長: 有人システム安全・ミッション保証室長
- ✓ 副議長: 有人システム安全・ミッション保証室主幹
- ✓ 委員: 有人宇宙技術部門の長、安全・信頼性、構造、電気などの専門家

### 3. 審査対象 HTV搭載小型回収カプセル概要 (1/5)

HTV搭載小型回収カプセル(HSRC)とは、ISS与圧部で実験試料を搭載し、HTV与圧部入口に取り付けられ、HTVの軌道離脱・再突入軌道投入後に分離されて海上に着水するものである。外観と構造を以下に示す。



- 上部にHTVからの分離機構
- 中心に試料を搭載する格納容器
  - 容量30リットル
  - 4°C保存の場合、冷却材が必要  
なため、試料は5リットル程度
- 格納容器周辺にパラシュート関係の  
装備
- 下部に推進系とアビオニクス
- 外壁は外側に低密度アブレータ、内  
側にCFRP
- ペイロードを除いて170kg程度

### 3. 審査対象 HTV搭載小型回収カプセル概要 (2/5)



サブシステム名称	機能
構造系	小型回収カプセルの内部の構造であり、主構造、ペイロードの格納容器、電子機器を取り付けるプレートからの構成される。パラシュートは主構造に取り付けられる。
誘導制御系	慣性センサ、GPSR、誘導制御計算機及び計算機ソフトウェアから成り、航法計算を行いスラスタの制御信号を生成して小型回収カプセルを所定の位置に誘導する。また、パラシュート開傘シーケンスの制御を行う。
推進系	GN2気蓄器、スラスタ、各種弁から構成され、誘導制御系経由データ処理・電源系からの制御によりGN2を噴射し、小型回収カプセルの姿勢を制御するサブシステムである。
熱防護系	熱防護材(アブレータ)及びCFRPからなる小型回収カプセルの外部構造である。再突入時の熱防護を行う。3枚の側面上部パネルはパラシュート開傘の前に小型回収カプセルから分離される。これとは別にカプセルペイロード収納頂部と分離機構系を耐熱保護はHOPEで開発経験のある可撓断熱材を使用する。
緩降下・回収系	エアバッグ、パラシュート、フローティングバック、イリジウム通信機などから構成される。エアバッグにより側面上部パネルを小型回収カプセルから分離させ、パラシュートにより小型回収カプセルを減速させ、着水後にカプセルを浮上させ、着水地点を回収作業者に通知するためのサブシステムである。
データ処理・電源系	電池、データレコーダ、送信機などから構成され、小型回収カプセル内部への電力分配、推進系スラスタや他各種アクチュエータの駆動、データの記録、パラシュート降下中のイリジウム経由の低速データ送信を行うサブシステムである。
分離機構系	小型回収カプセルを与圧隔壁に固定し、かつ地上からのHTVへのコマンドにより小型回収カプセルをスプリングで放出するサブシステムである。
ペイロード系	ペイロード搭載量(5L)の要求、保冷性能(4°C±2°C、4日間)の要求を満足させるため、真空二重容器と蓄熱剤(保冷剤)を搭載し、その内側にペイロードを格納する構造を採用。

### 3. 審査対象 HTV搭載小型回収カプセル概要 (3/5)



運用シナリオを以下に示す(p.9に概念図)。

- ① 射場でHTV与圧部にHTV搭載小型回収カプセル(HSRC)、与圧隔壁(p.10参照)、副資材を搭載して打ち上げる。分離機構系は、HSRCから取り外した状態で打ち上げる。タンパク質結晶など、実験試料を冷蔵状態で回収する場合は保冷剤も打ち上げる。
- ② 搭乗員はHSRCをISS内部で保管する。試料を冷蔵状態で回収する場合、搭乗員は打ち上げた保冷剤を冷却する。
- ③ HTVがISSから離脱する前に、搭乗員はHTV与圧部入口に与圧隔壁を組立てる。
- ④ 搭乗員は回収する試料及び保冷剤をHSRCに搭載し、分離機構系をHSRCに取付ける。その後搭乗員はHSRCを与圧隔壁に固定する。
- ⑤ HSRCを固定した与圧隔壁をハッチ部に取付ける。
- ⑥ HTVをISSから離脱させる。
- ⑦ HTVの大気圏突入マヌーバ終了後に地上からHTVへ分離コマンドを送信することにより、分離機構系を動作させHSRCをHTVから分離させる。
- ⑧ HSRCは揚力飛行により目標地点へ誘導する。HSRCは所定の速度(高度)でパラシュートを開傘する。
- ⑨ HSRCが海上に着水後、回収船でHSRCを回収する。途中から航空機に積み替えて速やかに日本に輸送する。

### 3. 審査対象 HTV搭載小型回収カプセル概要 (4/5)

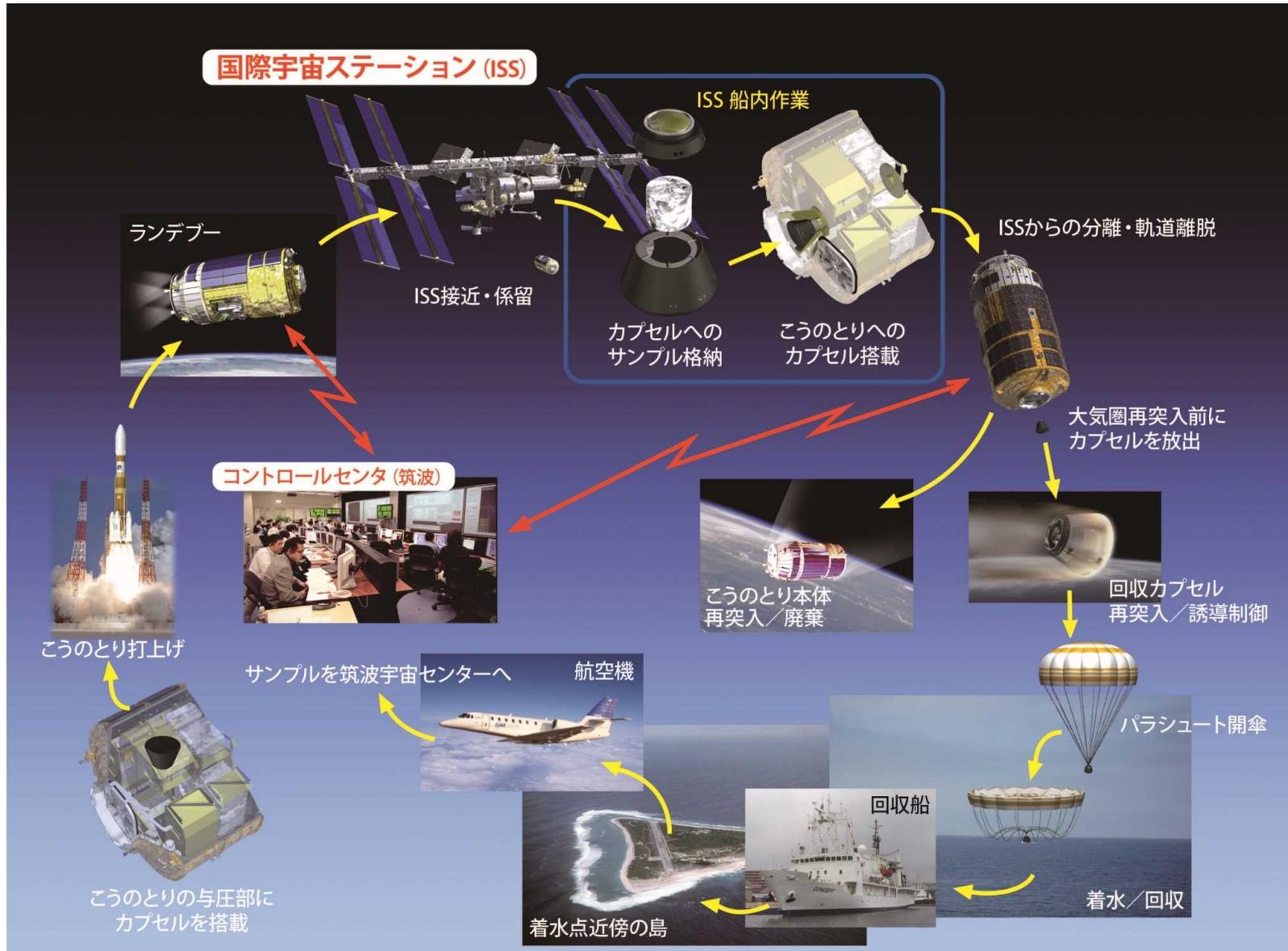


図 HTV搭載小型回収カプセルの運用概念図

### 3. 審査対象 HTV搭載小型回収カプセル概要 (5/5)

#### 与圧隔壁

HTV搭載小型回収カプセルをHTV与圧ハッチに搭載するための構造。  
ハッチへの搭載後は、HTV与圧部内の気密性を確保する。



#### 審査対象外

#### 審査対象

#### HTV搭載小型回収カプセル

HTV搭載小型回収カプセルは、  
与圧隔壁に取り付ける。

#### 分離機構系

HSRCは分離機構系を介して与圧隔壁に取り付けられる。分離機構系が分離することによって、HSRCがHTVから分離される。

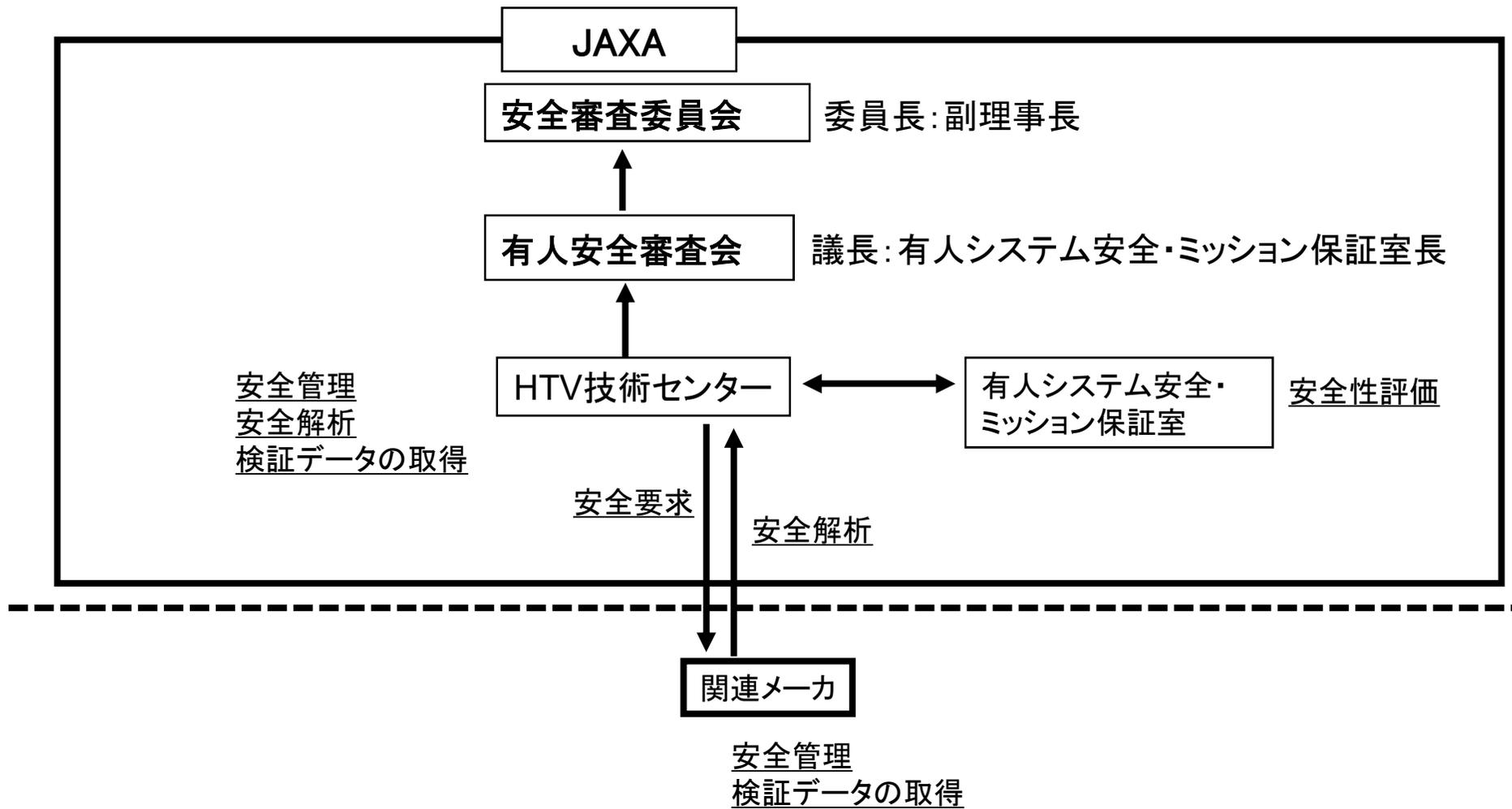
#### ペイロード系

ペイロード収納容器内のサンプルを保冷するための断熱材、保冷剤、衝撃から保護するための緩衝材等。

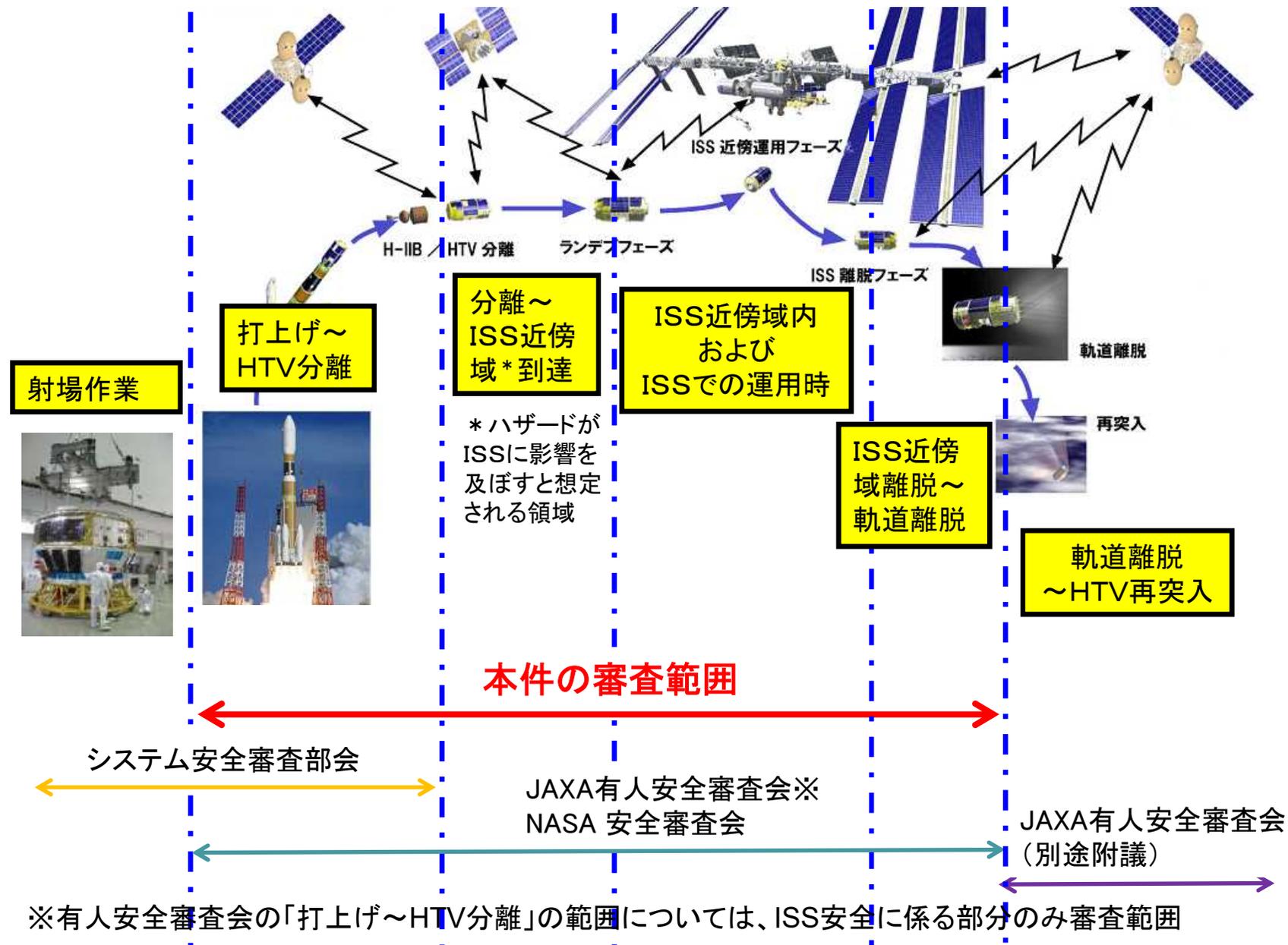


図 HTV搭載小型回収カプセルと与圧隔壁の関係

### 3. 審査対象 安全管理体制



### 3. 審査対象 対象フェーズ

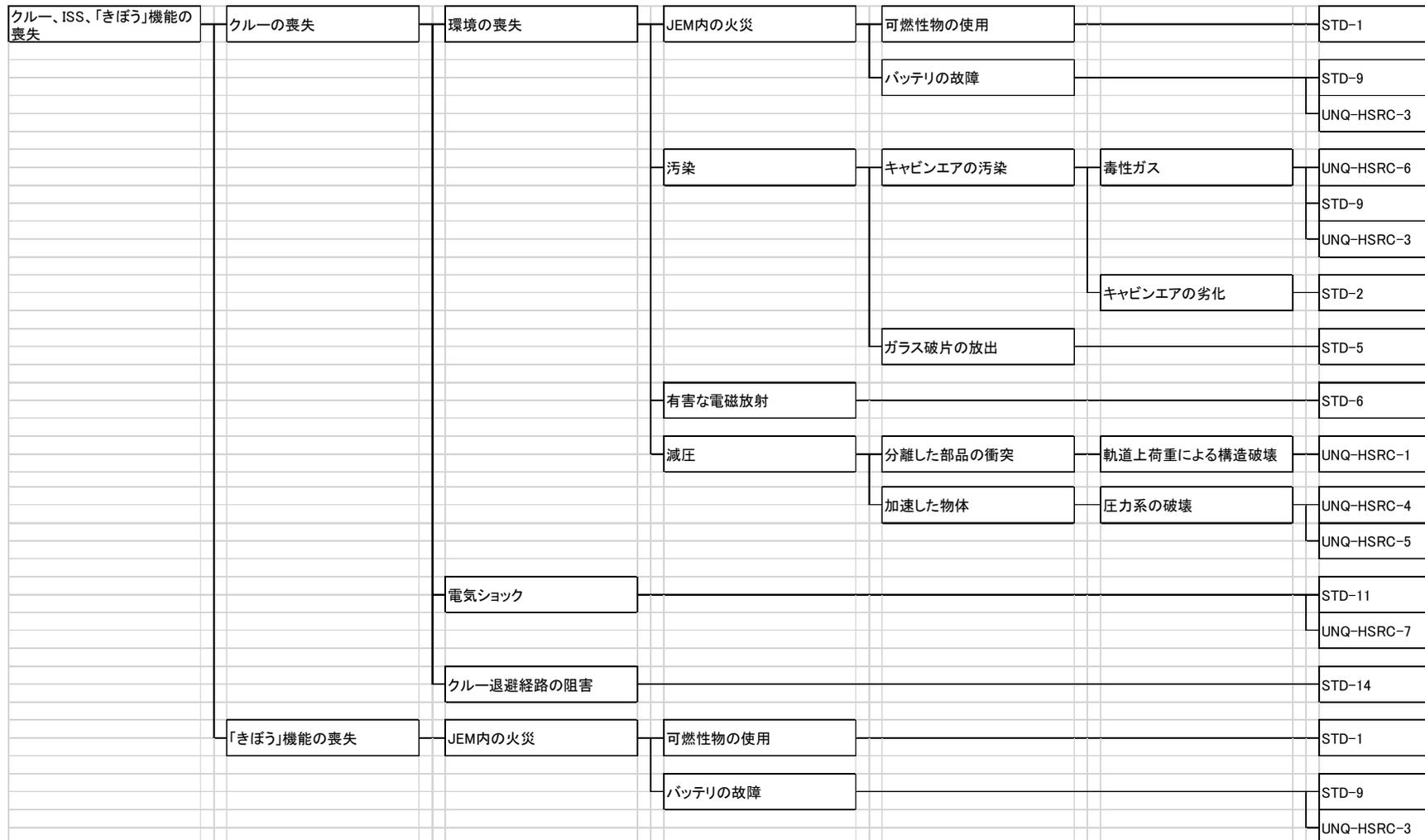


## 4. 安全解析の概要

### 4.1.(1) ハザードの識別 FTA(1/2)



ハザードの識別は、FTA (Fault Tree Analysis、下図参照)を使用して、トップ事象が1) 搭乗員、ISS、「きぼう」機能の喪失、2) 搭乗員の負傷、に至るハザードを識別した。その結果、19件のハザードが識別された。ハザードのリスク度については、添付4を参照。



# 4. 安全解析の概要

## 4.1.(1) ハザードの識別 FTA(2/2)



## 4. 安全解析の概要

### 4.1.(2) ハザードの識別 標準ハザード



識別された19件のハザードの内、標準ハザード\*として取り扱えるものを以下に示す。

#### \*標準ハザード

制御及び検証方法が共通的であり、定型化されたハザード。

	標準ハザード
STD-1	火災(可燃性物質の使用)
STD-2	船内空気の汚染(使用材料からのオフガス)
STD-3	鋭利端部への接触、挟み込み
STD-4	高温/低温部への接触
STD-5	ガラス等の破損
STD-6	電磁適合性
STD-9	電池の故障
STD-11	電力系の損傷
STD-14	搭乗員退避経路の阻害
STD-15	構造破壊
STD-16	封入された容器の破損
STD-17	通気口を有する機器の破損

## 4. 安全解析の概要

### 4.1.(3) ハザードの識別 ユニークハザード



識別された19件のハザードの内、標準ハザードとして取り扱うことのできない、残りの7件をユニークハザード\*として識別した。

#### \*ユニークハザード

標準ハザードに含まれない、あるいは標準ハザードの制御方法を適用できないハザード。

No.	ユニークハザード	対象となる系
UNQ-HSRC-1	構造破壊	構造系、分離機構系
UNQ-HSRC-2	HSRCの意図しない分離	分離機構系
UNQ-HSRC-3	電池の故障	データ処理・電源系
UNQ-HSRC-4	圧力システムの破裂	推進系
UNQ-HSRC-5	CO2ガスの漏えいによる熱防護パネルの分離	緩降下・回収系
UNQ-HSRC-6	毒性物質の漏えいによる外部汚染	緩降下・回収系
UNQ-HSRC-7	高電圧による搭乗員の感電	データ処理・電源系

## 4. 安全解析の概要

### 4.2. 標準ハザードの検証結果(1/4)



標準 ハザード 番号	タイトル	想定されるハザード	制御	検証
1	火災(可燃性物質の使用)	可燃性物質を使用していた場合、「きぼう」内で火災が発生する恐れがある。	安全要求(JAXA宇宙ステーションプログラム材料及び工程要求書)に従った材料選定を行う。	材料使用リストを審査し、安全要求を満足する材料が選定されていることを確認した。
2	船内空気の汚染(使用材料からのオフガス)	機器からのオフガスが搭乗員に危害を与える恐れがある。	安全要求(JAXA宇宙ステーションプログラム材料及び工程要求書)に従った材料選定を行う。	材料使用リストを審査し、安全要求を満足する材料が選定されていることを確認した。
3	鋭利端部への接触、挟み込み	鋭利な物やとがったものに接触することで、搭乗員が負傷する。	鋭利端部がない設計とする。	図面検査、フライトハードウェアの検査により鋭利端部がないことを確認した。

## 4. 安全解析の概要

### 4.2. 標準ハザードの検証結果(2/4)



標準 ハザード 番号	タイトル	想定されるハザード	制御	検証
4	高／低温部への接触	高温部或いは低温部との接触により、搭乗員が負傷する。	搭乗員が接触し得る部分の表面温度が規定の温度範囲(0～+45℃)になる設計とする。	HSRCに熱源がないことを図面で確認した。 (再突入までは機器を起動しない。)
5	ガラスの破損	破損したガラスの破片が、搭乗員を負傷させる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・脆性材料にはコーティングあるいはカバーを付ける。</li> <li>・脆性材料が破損しない設計とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・脆性材料には、コーティングあるいはカバーが付いていることを、図面、現物で確認した。</li> <li>・振動試験で脆性材料に破損がないことを確認した。</li> </ul>
6	電磁適合性	電子機器から発生する電磁波によって、周りの機器に影響を与え、ハザード制御機能を喪失する。	電磁適合性(EMC)要求に適合した設計とする。	再突入までは機器を起動しないため、問題ないことを確認した。 (機器の起動に対するインヒビットについては、UNQ-HSRC-2を参照。)

## 4. 安全解析の概要

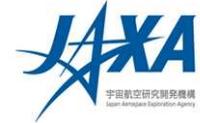
### 4.2. 標準ハザードの検証結果(3/4)



標準 ハザード 番号	タイトル	想定されるハザード	制御	検証
9	電池の故障 (容量の大きい電池 については、UNQ- HSRC-3を参照。)	セルやバッテリーケース の破裂・破片の飛散、 毒性物質や火災の発生 により、搭乗員の死傷 に至る。	安全要求に従った電 池の設計。 使用する電池に異常 がないこと。	電池の設計が安全要 求に従っていることを 確認した。 試験・検査(電圧測定、 外観検査、リーク試験) を実施し、電池に異常 がないことを確認した。
11	電力系の損傷	電気回路の短絡による 機器の損傷。 電線の破損による有害 物の発生、火災。	電源からインヒビット までの電線の長さを 規定値以内にする。 (小型衛星など、ISS 内で電源を入れない 機器に対して適用で きる)	電線の長さが規定値 以内であることを図面 及び現物の検査で確 認した。
14	搭乗員退避経 路の阻害	搭乗員が緊急時に退避 する時に、HSRCが退避 経路を阻害する。	HSRCが搭乗員の退 避経路を阻害しない 設計とする。	HSRCが搭乗員の退避 経路を阻害しない設計 であることを解析及び 現物の検査で確認した。

## 4. 安全解析の概要

### 4.2. 標準ハザードの検証結果(4/4)

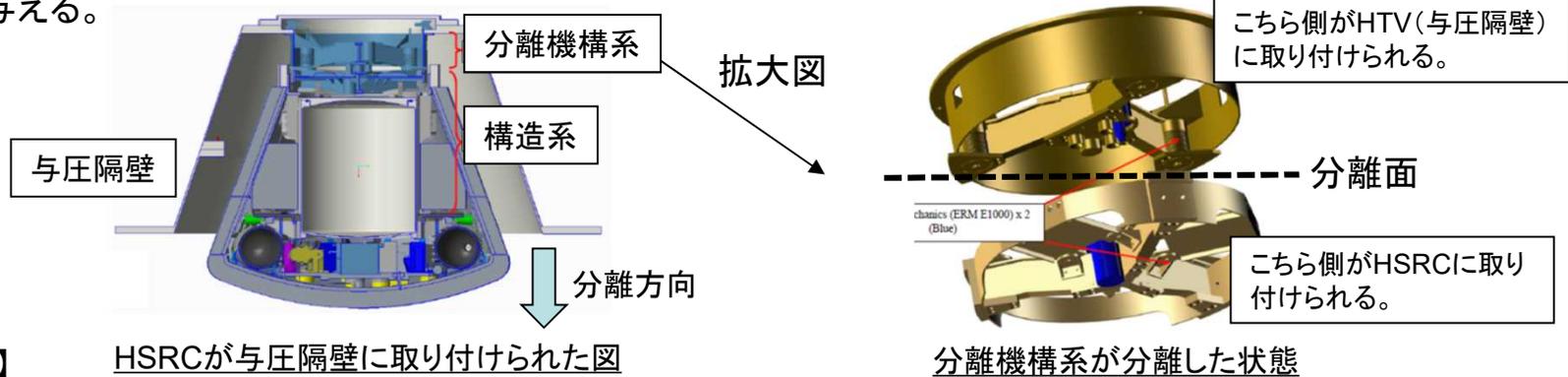


標準 ハザード 番号	タイトル	想定されるハザード	制御	検証
15	構造破壊	打上げ環境によりHSRCが構造破壊し、周囲に損傷を与える。	HSRCを打上げ環境に耐えられる設計とする。	設計結果が問題ないことを確認した。 振動試験で異常がないことを確認した。 打上げ前に適切に梱包する。(安全検証追跡ログに識別)
16	封入された容器の破損	封入された容器に圧力変化が起きた際に圧力差により容器が破損する。	容器の内部エネルギーを、19,310J以下にする。	容器の内部エネルギーが規定値以下であることを確認した。
17	通気口を有する機器の破損	通気口を有する機器に圧力変化が起きた際に圧力差により機器が破損する。	容積に対する開口部の面積の比率(容積／開口部の面積)を規定値以下とする。	容積に対する開口部の面積の比率が規定値以下であることを確認した。

## 4.3 ユニークハザードの検証結果 UNQ-HSRC-1／構造破壊

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード (ISS、「きぼう」の損傷／搭乗員の死傷)

- ・軌道上運用中の加速度荷重によりHSRCの構造系及び分離機構系が構造破壊を起こし、搭乗員やハードウェアに有害な影響を与える。



【制御方法、検証方法】

HSRCが与圧隔壁に取り付けられた図

分離機構系が分離した状態

ハザード原因	制御	検証結果
不適切な構造強度	打上げ荷重及び軌道上荷重に対して正の安全余裕を有する構造設計。	各構造部材が正の安全余裕を持つことを、強度解析により確認した
不適切な材料選定	安全要求を満足する材料を使用する	材料使用リストを審査し、安全要求を満足し、構造材として適切な材料を使用していることを確認した
材料の疲労	安全要求に基づいたフラクチャコントロールを行う	構造破壊にクリティカルな構造部材を識別し、その構造部材が問題ないことを解析、試験で確認した。
不適切な締結具の使用	認定された締結具を使用する	認定された締結具を使用していることを確認した
締結具の緩み	緩み止め付きの締結具を使用する	緩み止め付きの締結具を使用していることを製造記録で確認した
不適切な組立（地上）	組立工程の管理を行う	組立工程が適切に管理されていることを製造記録で確認した
不適切な組立（軌道上）	締結具のトルク管理を行う（運用制御）	締結具のトルク管理が運用制御合意文書 <sup>注)</sup> に反映されていることを確認した

注) 運用制御合意文書: 運用制御内容を装置開発担当部門から手順書を作成する運用部門に申し送るための文書

## 4.3ユニークハザードの検証結果 UNQ-HSRC-2/HSRCの意図しない分離

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード(ISS、「きぼう」の損傷/搭乗員の死傷)

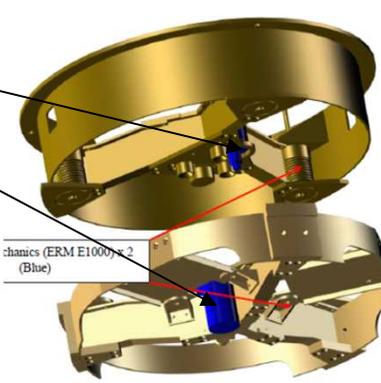
- ・HSRCの分離機構系が意図しないタイミングで分離し、搭乗員やハードウェアに有害な影響を与える。



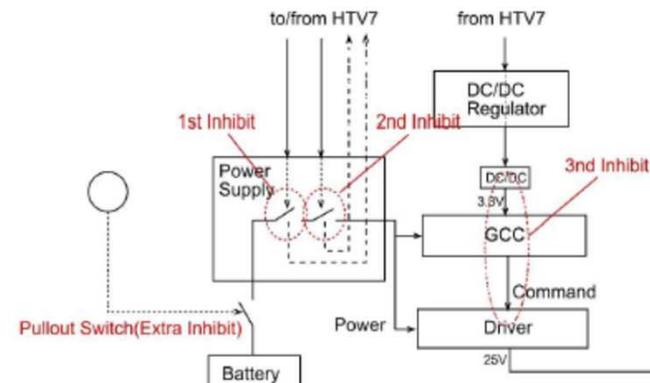
**分離ナット**

分離ナットの主な仕様

型番	ERM E 1000
質量	150g
寸法	Φ36.8mm × 50.8mm
個数	2個



分離機構系  
(図中の青い部分が分離ナット)



3つのインヒビット

### 【制御方法、検証方法】

ハザード原因	制御	検証結果
電気的な故障	分離機構を動作させるために、3つの独立したインヒビットを持つ。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3つのインヒビットを持つことを図面で確認した。</li> <li>・3つのインヒビットが適切に機能することをデータ処理・電源系の試験で確認した。</li> <li>・打上げ前にインヒビットのステータスを確認する。射場作業にて実施予定。安全検証追跡ログに識別。</li> </ul>
機構的な故障	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2つの独立した分離ナットを持つ。</li> <li>・ISS共通の要求に基づく機構設計とする(1故障許容相当)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1つの分離ナットが誤動作しても、残りの分離ナットで荷重に耐えることを構造解析で確認した。</li> <li>・ISS共通の要求に基づいた機構設計であることを、解析及びHSRCシステム試験で確認した。</li> </ul>

## 4.3ユニークハザードの検証結果 UNQ-HSRC-3／電池の故障

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード(電池の破裂によるISS、「きぼう」の損傷／搭乗員の死傷)

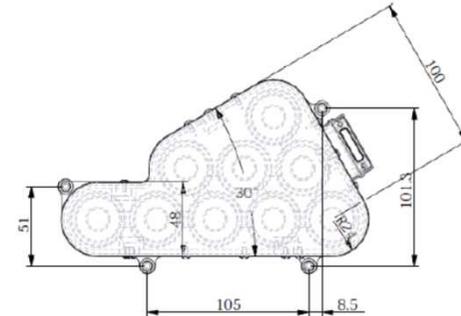
・ データ処理・電源系に含まれる電池の故障により、気体や電解液が漏えいし、ISSや「きぼう」が損傷する。また、搭乗員の死傷に至る。



HSRCで使用する電池

電池の主な仕様

型番	UHR-CR34610
電池の種類	リチウム一次電池
構成	9直列、1並列
寸法(1個当たり)	Φ34mm×61mm
電圧範囲	20～29V



バッテリーユニット組立

### 【制御方法、検証方法】

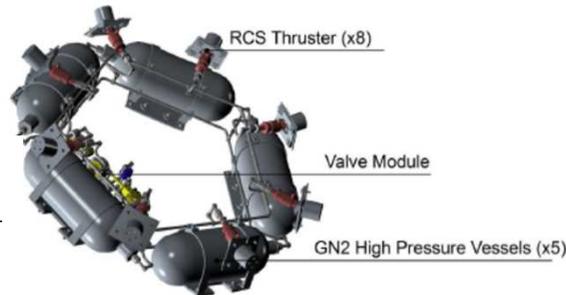
ハザード原因	制御	検証結果
内部短絡	環境試験を実施し、電池に欠陥がないことを確認する。	試験の前後で電池の特性に変化がないことを、HSRCシステムでのランダム振動試験及び真空試験で確認した。
外部短絡	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 安全要求に従い、セル間の電線を絶縁する。</li> <li>2. セルと電線を動かないように固定する。</li> <li>3. 電池は他のシステムとインヒビットで絶縁する。</li> <li>4. 短絡に対する保護デバイス(2つのフューズ)を持つ。</li> <li>5. 電池と電子回路間のケーブルをHTVの電気設計基準に従い選定する。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 絶縁が安全要求を満足していることを図面及び現物の検査で確認した。</li> <li>2. セルと電源が適切に固定されていることを図面で確認した。</li> <li>3. 電池が他のシステムと絶縁されていることを、設計で確認した。</li> <li>4. 保護デバイスを持つことを設計で確認した。</li> <li>5. ケーブルがHTVの電気設計基準に従い選定されていることを設計で確認した。絶縁が安全要求を満足していることを現物の検査で確認した。</li> </ol>
熱的な異常	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. HSRCがISSから分離するまで、電池を規定の温度で保管する。</li> <li>2. 充電できない電池を使用し、充電用の回路を持たない。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 電池が既定の温度で保管されることを、データ処理・電源系の熱試験で確認した。</li> <li>2. 充電できない電池を使用し、充電用の回路を持たないことを、設計で確認した。</li> </ol>
過放電	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 意図しない電源ONを防ぐインヒビットを有する。</li> <li>2. 安全要求に従い、電池を選定する。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 電源ONを防ぐインヒビットを持つことを設計で確認した。</li> <li>2. 安全要求に従った電池を選定していることを設計で確認した。</li> </ol>

## 4.3ユニークハザードの検証結果 UNQ-HSRC-4／圧カシステムの破裂

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード(ISS、「きぼう」の損傷／搭乗員の死傷)

- ・ 推進系の圧カシステムが不適切な設計や運用により破裂し、搭乗員やハードウェアに有害な影響を与える。

HSRCの推進系  
(圧カシステム図を添付3に示す)



推進系の主な仕様

使用するガス	窒素ガス
最大設計圧(MDP)	19.6 MPa
直径	120 mm以下(1ボトル当たり)
貯蔵量	1.895 kg以上(5ボトルの合計)

【制御方法、検証方法】

ハザード原因	制御	検証結果
不適切な設計	安全要求で規定された安全係数を使用して、安全余裕を確保した設計とする。	規定の安全係数(バルブ、フィルタは4.0、配管、継手は2.5)を使用して、圧カシステムが正の安全余裕を持つことを設計で確認した。圧カシステムが適切に製造されていることを、推進系のプルーフ試験及びリーク試験で確認した。
潜在する欠陥による故障	安全要求に従ったフラクチャコントロール計画を使用する。	構造破壊にクリティカルな構造部材を識別し、その構造部材が問題ないことを解析、試験で確認した。
不適切な材料の選定	安全要求を満足する材料を使用する。	材料使用リストを審査し、安全要求を満足し、圧カシステムとして適正な材料を使用していることを確認した。
温度上昇による過加圧	圧カシステムの周辺に熱源のない設計とする。	圧カシステムの周辺に熱源がないことを、設計で確認した。
圧カシステムの不適切な製造・組立	図面に基づき、製造する。	図面に従って製造されていることを、製造記録及び現物で検査で確認した。
ガスボトルユニットの不適切な製造及び運用 (ガスボトルユニットは、「きぼう」で使用している既開発品)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ガスボトルユニットを既開発品と同じ方法で製造し、試験する。</li> <li>2. ガスボトルユニットを損傷管理計画に従って取り扱う。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 既開発品と同じ製造方法であることを製造記録で確認した。ガスボトルが適切に製造されていることを、ガスボトルのプルーフ試験及びリーク試験で確認した。</li> <li>2. 損傷管理が問題なく行われていることを、損傷管理計画及び実施結果で確認した。</li> </ol>
地上での気体の不適切な充填	地上での気体の充填を適切に行う。	射場作業にて実施予定。安全検証追跡ログに識別した。

## 4.3ユニークハザードの検証結果

### UNQ-HSRC-5／CO2ガスの漏えいによる熱防護パネルの分離



【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード( ISS、「きぼう」の損傷／搭乗員の死傷)

熱防護パネルは、パラシュートの展開前にHSRCから分離する構造になっている(下図参照)。緩降下・回収系のCO2ボトルからのガスの漏えいにより熱保護パネルの内側に収納されているフローティングバッグが膨張し、熱防護パネルがHSRCから意図せずに分離し、搭乗員やハードウェアに有害な影響を与える。



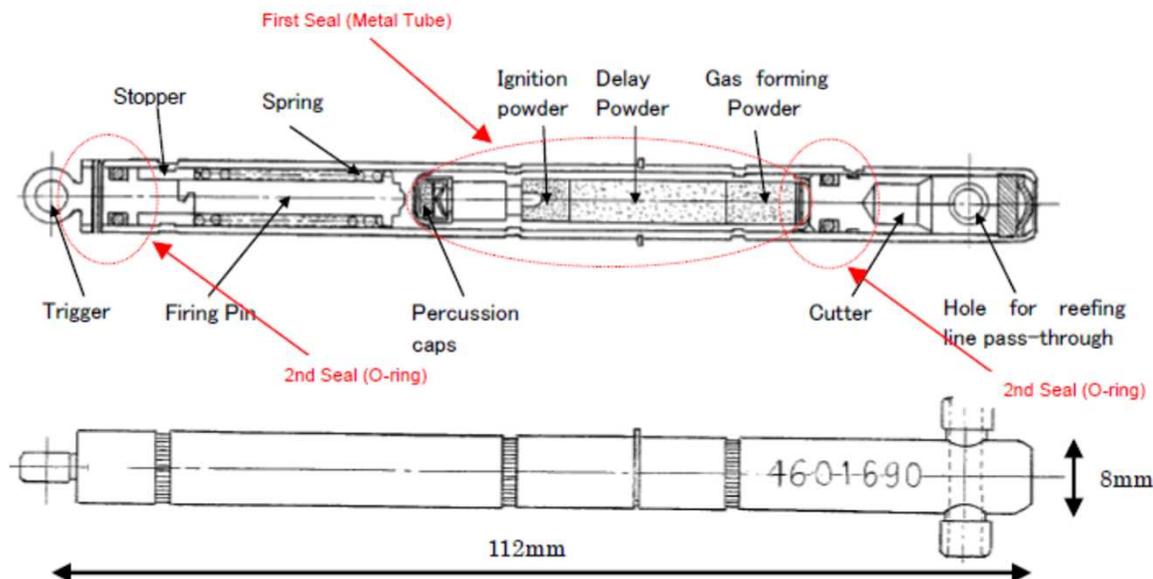
#### 【制御方法、検証方法】

ハザード原因	制御	検証結果
ガスボトルの不適切な設計	安全要求で規定された安全係数を使用して、安全余裕を確保した設計とする。	規定された安全係数(2.0)でガスボトルが正の安全余裕を持つことを設計で確認した。 ガスボトルが問題なく製造されていることを、ガスボトルのプルーフ試験で確認した。
ガスボトルの温度上昇による過加圧	ガスボトルの周辺に熱源がない設計とする。	ガスボトルの周辺に熱源がないことを、設計で確認した。
ガスボトル開用のスイッチの意図しない動作	熱防護パネルの外側に保護カバーを設ける。	保護カバーを持つことを設計で確認した。 保護カバーが熱防護パネルの分離を防ぐことを、試験で確認した。

## 4.3ユニークハザードの検証結果 UNQ-HSRC-6／毒性物質による外部汚染

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード( 搭乗員の死傷)

緩降下・回収系のパラシュートリーフィングカッターに含まれる粉末あるいは海面着色剤が漏えいし、搭乗員に有害な影響を与える。



【制御方法、検証方法】

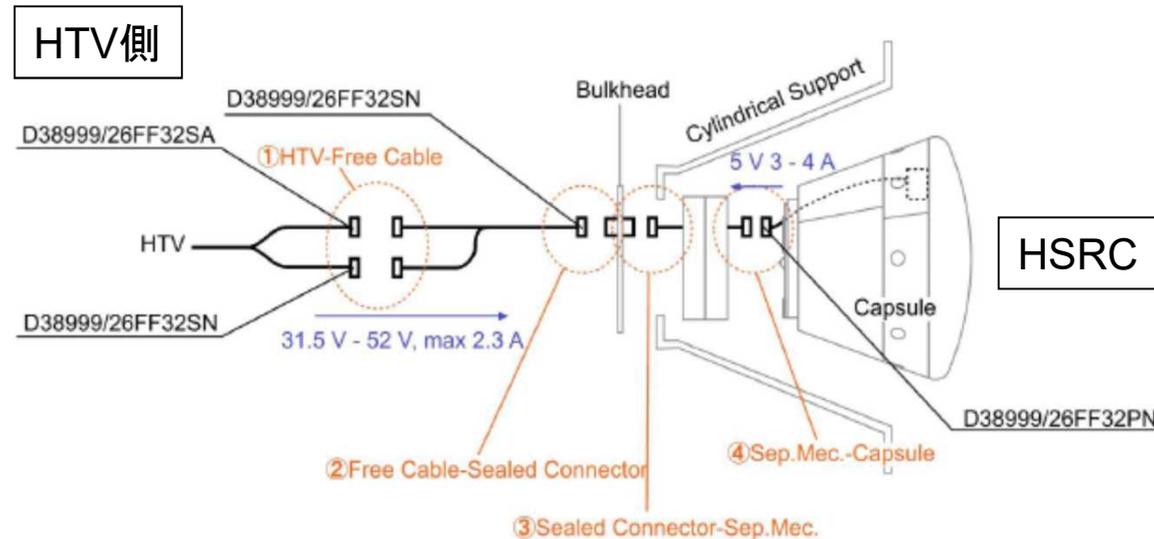
パラシュートリーフィングカッターの断面図

ハザード原因	制御	検証結果
リーフィングカッターからの粉末の漏えい	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 粉末を二重シールで封入する。</li> <li>2. 粉末が容易に外に出ない設計とする。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 二重シールを持つことを、図面及び現物の検査で確認した。粉末を封入していることを、リーク試験で確認した。</li> <li>2. 粉末が容易に外に出ないことを、図面及び現物の検査で確認した。</li> </ol>
意図しないリーフィングカッターの動作による気体の発生	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. トリガーがファイアリングピンを安全な状態に維持する設計とする。</li> <li>2. トリガーに過大な荷重がかからない設計とする。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. トリガーがファイアリングピンを安全な状態に維持していることを、図面及び現物の検査で確認した。リーフィングカッターが誤動作しないことをHSRCシステムの振動試験で確認した。</li> <li>2. トリガーに過大な荷重がかからないことを、設計で確認した。</li> </ol>
海面着色剤の粉末の漏えい	2重のパックで封入する。	粉末が2重に封入されていることを、設計及び現物の検査で確認した。

## 4.3ユニークハザードの検証結果 UNQ-HSRC-7／高電圧による搭乗員の感電

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード(搭乗員の死傷)

搭乗員がデータ処理・電源系の電力コネクタの着脱を行う際に、高電圧に接触し、感電する。



### コネクタの着脱がある箇所

【制御方法、検証方法】

ハザード原因	制御	検証結果
50V電源ラインの不適切な設計及び製造	電源ラインをHTVの電気設計基準に従い設計、製造する。	電源ラインがHTVの電気設計基準(電線の種類、絶縁、接地など)に従っていることを設計で確認した。 電源ラインがHTVの電気設計基準に従って製造されていることを、現物の検査で確認した。
不適切な使用	<ol style="list-style-type: none"> <li>コネクタの上流にインヒビットを持ち、コネクタの着脱時には、上流の電源をOFFにする。</li> <li>コネクタ③及び④をつなぐ時には、コネクタ①あるいは②を外しておく。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>上流にインヒビットを持つことを設計で確認した。上流の電源をOFFにできることを、HTVとの噛み合わせ試験で確認した。</li> <li>コネクタを接続する順番が、運用制御合意文書に反映されていることを確認した。</li> </ol>

## 5. 結論

1. 各フェーズにおける有人安全審査会において、ハザードの識別、制御方法の設定、検証結果を審査し、安全解析が適切に実施されていることを確認した。
2. 有人安全審査会の結果を安全審査委員会で審議し、了承された。
3. 「国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM)に係る安全対策の評価のための基本指針」に対するHTV搭載小型回収カプセルの安全検証結果を付表-1に示す。HTV搭載小型回収カプセルは「国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM)に係る安全対策の評価のための基本指針」に適合していることを確認した。

以上により、JAXAは「HTV搭載小型回収カプセル (HSRC)」が安全要求を満足していると判断し、安全審査を完了した。

# 添付資料



添付1 : 適用文書及び審査文書

添付2 : 略語集

添付3 : 圧力系統図

添付4 : リスク表

付表-1 : 「国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM)に係る安全対策の評価のための基本指針」に対する安全検証結果

# 添付1. 適用文書及び審査文書

---



## (1) 適用要求

- ・ SSP 51700: Payload Safety Policy and Requirements for the International Space Station

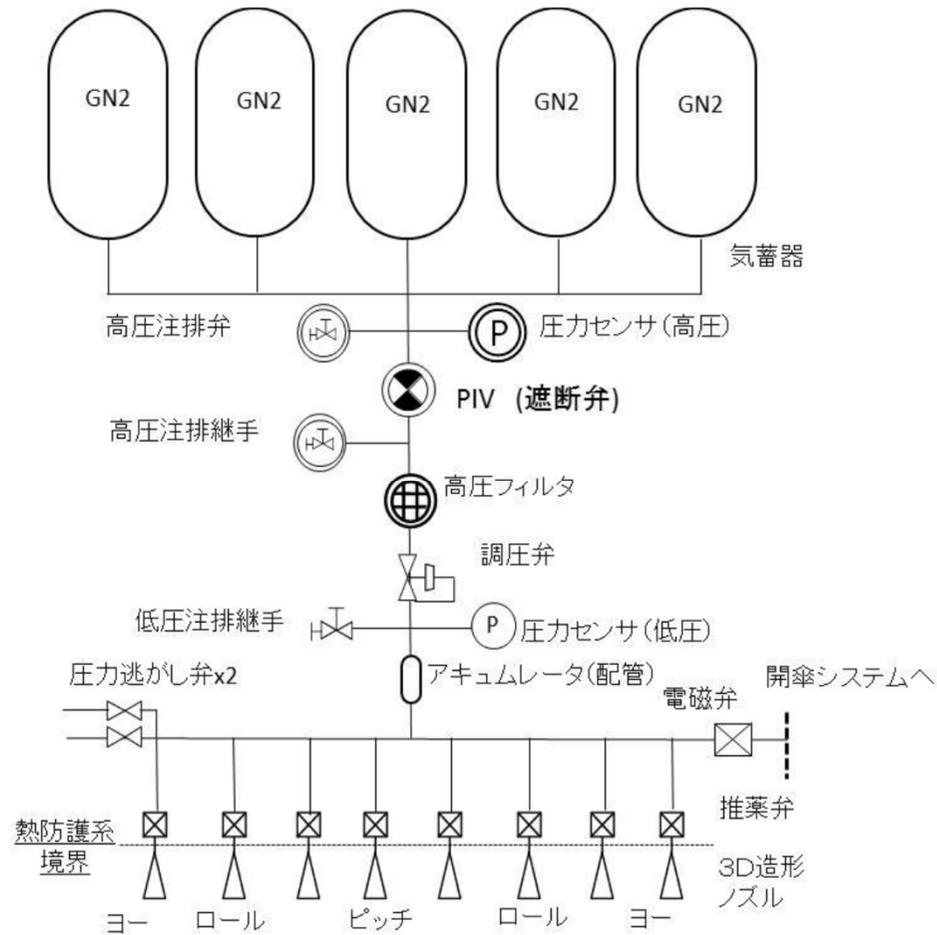
## (2) 審査文書

- ・ JRX-2017041D: Phase III Safety Assessment Report for HSRC (HTV Small Re-entry Capsule)

## 添付2. 略語集

略語	正式名称	和訳
CFRP	Carbon Fiber Reinforced Plastics	炭素繊維強化プラスチック
EMC	Electro Magnetic Compatibility	電磁適合性
EVA	Extra-Vehicular Activity	船外活動
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis	故障モード及び影響解析
FTA	Fault Tree Analysis	故障の木解析
HOPE	H-II Orbiting Plane	宇宙往還機
HSRC	HTV Small Re-entry Capsule	HTV搭載小型回収カプセル
HTV	H-II Transfer Vehicle	宇宙ステーション補給機
ISS	International Space Station	国際宇宙ステーション
IVA	Intra-Vehicular Activity	船内活動
JAXA	Japan Aerospace eXploration Agency	宇宙航空研究開発機構
JEM	Japanese Experiment Module	日本実験棟
MDP	Maximum Design Pressure	最大設計圧力
MIUL	Material Identification and Usage List	材料使用リスト
S&MA	Safety and Mission Assurance	安全及びミッション保証

# 添付3. 圧力系統図



HSRCの圧力系統図

# 添付4. リスク表



		発生の可能性				
		A	B	C	D	E
被害の 度合い	I				UNQ-1,2,3,4,5,6,7	STD-1,2,6,9,14,15,16,17
	II				STD-3,4,5,11	
	III					
	IV					

許容できない	許容可否判断要	許容範囲	安全評価報告書作成の範囲
--------	---------	------	--------------

## 被害の度合い

被害の 度合い	用語	説明
I	カタストロフィック	打上機／ISSの喪失、致命的な人員の傷害となり得る状態
II	クリティカル	打上機／ISS機器の損傷や人員の傷害となり得る状態
III	マージナル	要員の軽度の人的被害、ISS機器の軽度の損傷、または軽度の環境への影響をもたらす状態
IV	ネグリジブル	要員の軽度の人的被害やISS機器の軽度の損傷、または軽度の環境への影響をもたらさない程度

## 発生の可能性

発生の 可能性	説明
A	しばしば発生する。
B	たまに発生する。
C	まれに発生する。
D	ほとんど発生しない。
E	ほとんど全く発生しない。