



ISSに関する検討項目

平成26年9月30日(火)

文部科学省
研究開発局

1. 技術蓄積と産業基盤維持・産業競争力強化の側面からの実績および今後の計画
2. 民間利用拡大の実績及び今後の計画
3. 外交・安全保障の側面からの実績及び今後の計画
4. 科学技術の側面からの実績及び今後の計画
5. 費用対効果及びコスト削減方策
6. 2016年～2020年の参加形態の在り方、2021年以降の延長の是非

1 . 技術蓄積と産業基盤維持・産業競争力強化の側面からの実績及び今後の計画(1/2)【実績】

【有人・無人宇宙技術の獲得・発展】

- 「きぼう」「こうのとり」の開発・運用を通じて、有人宇宙施設の運用・管理のノウハウや宇宙輸送技術等を蓄積しつつ、我が国の高い技術力を実証すると共に、若田宇宙飛行士のISS 船長への就任に示されるように、搭乗員管理等ISS のマネジメントの中核的部分についてのノウハウも蓄積。我が国は、ハードとソフトの両面において国際協力で行う有人宇宙活動において中核的な役割を担えるレベルに到達した。

〔 獲得した主な宇宙技術は、宇宙滞在・活動技術、搭乗員関連技術、有人運用技術、物資補給技術(自立飛行、ランデブー等ロボティクス技術)、それらを支える基盤としての大型システム統合技術等と多岐にわたる。 〕

- これらの宇宙技術はISS 計画へ参加しなければ獲得することが出来なかった有人宇宙技術である。また、欧州と比較して大幅に効率的に世界水準の技術を獲得した(欧州と比較して期間は3 分の2、費用は6 分の1)。

【産業の振興】

- 「きぼう」「こうのとり」の開発・運用にはそれぞれ、650社以上、400社以上の多数の日本企業が参画。高い安全性と信頼性が要求される大規模システムの設計・解析・インテグレーション技術等、我が国宇宙産業の各種技術基盤の強化に貢献。
- ISS 計画への参加に伴う費用は共通システム運用経費(CSOC)の分担として「こうのとり」による物資補給で賄っており、平成26 年度約240 億円(ISS 予算約360 億円の3 分の2 に相当)を計上しているが、「こうのとり」の定期的な機体の製造や打ち上げ、定常的な運用(いわゆるアンカーテナンシー)を通して、我が国の宇宙産業の基盤強化に寄与し、ひいては自在な宇宙活動能力の確保に貢献。
- 「こうのとり」の開発技術、運用ノウハウは、ドッキング技術等の分野における我が国の優位技術の創出や物資補給機のISS 近傍通信システム、人工衛星の静止軌道投入用エンジン、ISS 用のリチウムイオン電池など関連製品・技術サービスの海外輸出など企業の新たなビジネスの拡大にも繋がっているほか、「きぼう」の運用では、宇宙食、冷却ベストや消臭シャツなど、有人宇宙技術に関連する製品へのスピノフなどの成果も進展。

1 . 技術蓄積と産業基盤維持・産業競争力強化の側面からの実績及び今後の計画(2 / 2) 【今後の計画】

【基本的考え方】

- ISS 計画で得られた成果は、単に数値化された経済的便益では計ることができないものも含め、他の手段では得られない多様で貴重なもの。また、有人宇宙技術は一度中断した場合、再興することがきわめて困難。我が国の技術や産業競争力の維持・向上に当たっては、宇宙先進国の一員として、日米協力を中心とした国際協力の枠組みを活用し、得られる便益を最大化していくことが重要。
- 2020 年頃は中国が独自の有人宇宙ステーションを保有する見込みであるなど宇宙開発利用をとりまく国際情勢が節目を迎える時期であり、世界、特にアジアにおける宇宙先進国としての地位を維持・発展させていくためには、将来の国際宇宙探査において中核的な役割を担えるだけの技術を習得していくことが重要。

【今後の計画】

将来の国際宇宙探査を視野に入れた戦略的技術の習得と産業の競争力強化に努める

- 将来の国際的な宇宙探査の中で日本が主体的・中核的な役割を担えるよう、ISS 計画における「きぼう」「こうのとり」の運用管制を通して、国際協働による長期有人オペレーション技術(※1)及び宇宙輸送技術(※2)の習熟・向上に努めると共に、これらを担う技術者・運用者の能力を次世代に継承し、国際的な交渉・調整力を有する人材・運用能力を確保する。
 - (1) 有人システム統合運用における緊急時即応能力、有人宇宙システムの維持管理・運用に係るノウハウ、開発・運用上の安全を評価・管理する能力等
 - (2) 物資輸送に関わる自律航行、ランデブー等
- 将来の有人宇宙探査で必要となる技術のうち、特に、これまでに獲得してきた我が国の強み、そして持続的な探査活動の鍵となりうる有人長期滞在技術(※3)、宇宙輸送技術(※4)を技術の優先順位を明確にしつつ強化する。
 - (3) 有人滞在技術要素、宇宙医学・健康管理技術、放射線被曝管理技術、高効率・高信頼性の居住環境制御技術など
 - (4) サンプル回収技術など
- こうした技術の強化については、専門的な技術評価を踏まえ、優先順位付けを行いながら取り組むとともに、参加極間のさらなる情報・技術の共有を進めることにより、重複を避けつつ効率化を図っていく。

1. (1) 有人・無人宇宙技術の習得状況について(1/2)

【成果】

- 当時有人技術を持っていなかった日本は、スペースシャトルを用いた微小重力実験で有人活動を開始。20年余を経て、自国の実験棟「きぼう」を建設し、補給機「こうのとり」を開発するなかで、有人輸送を除き、自律的に有人宇宙活動を行うための重要な技術を習得。軌道上飛行士および米国(NASA)との統合運用の経験を蓄積。
 - 2008年3月から2009年7月までに3回に分けて打上げた要素を軌道上で組立て、日本初の恒久的有人宇宙施設「きぼう」を完成。不具合は米国実験棟の半分以下。
 - 日本人飛行士の宇宙滞在累積日数は、米・露に続き世界第3位。
 - これまでに11人の宇宙飛行士を養成し、8人が計16回の宇宙飛行を行い、うち4回は長期滞在を経験するなど、実績とノウハウを蓄積。また、若田飛行士は、NASA宇宙飛行士グループの管理職を務めた実績を有すると共に日本人初のISS船長にも就任し、着実に有人宇宙活動の中核的部分の経験も蓄積。
 - 有人宇宙活動に携わる地上管制官の経験を蓄積。
- 「きぼう」は、ロケット・衛星のみならず、船舶・鉄道・原子力等の民生分野の技術力を結集して開発され、高度な安全技術・大型システムの統合技術を習得した。「こうのとり」のISSへの接近・ドッキングでは、世界で5極(米、露、欧、日、中)のみが保有する機微な技術である人工衛星等の自動接近技術の中でも最も高いレベルの安全性を実現した。
- 国際協力の枠組みに加わることで、独力で実施する場合に比べ、大幅に効率的に有人宇宙施設を獲得。ISS運用開始までに日本が有人宇宙開発に投じた資金は、米国の約1/100。また、ISS計画への投資額は米国の約1/10であり効率的にその便益を獲得。
- 開発・運用を通じて、安全性評価の能力を向上。搭載実験装置の安全審査権限をNASAから委譲。

打上げから48カ月後の不具合件数比較

	不具合件数
きぼう 2008年3月打上げ	75件 2011年3月まで
米国実験棟 2001年2月打上げ	175件 2005年2月まで

【今後の課題】

- これまで様々な有人宇宙技術の機能的な実現は達成してきたものの、将来の低軌道以遠の国際宇宙探査を見据えると、これまでに習得できていない居住に不可欠な空気・水再生技術や衛生技術の実証・高度化はもとより、有人宇宙施設の継続的・安定的運用に関わる技術やノウハウ等を、ISSの今後の運用・利用により習得していく必要がある。

1. (1) 有人・無人宇宙技術の習得状況について(2/2)

■ 習得・実証しつつある有人技術・ノウハウ

有人輸送技術を除き、自律的に有人宇宙活動を行うための技術・ノウハウの多くを習得。無人補給技術は米国にも採用されるなど、世界をリード。将来の国際宇宙探査を見据えると、継続的・安定的な運用や今後の技術実証で引き続き技術蓄積が必要。

宇宙滞在・活動技術

○システム維持機能技術
有人システム構築に必要な基盤的技術
・構造、電力、通信、熱制御など

○生命維持技術
搭乗員の生命を維持するための技術
・船内の温湿度制御、空気循環技術、気水分離技術(「きぼう」に設置済み)
・宇宙放射線計測技術(積算型)

・空気再生技術
・水再生技術
・宇宙放射線リアルタイム計測、予測、防護技術

○衛生技術
・トイレ、シャワー、廃棄物処理、汚物処理、臭気・菌・細菌除去技術、衛生管理など

○活動支援技術
宇宙空間で搭乗員の活動を支援する技術
・ロボット技術(「きぼう」ロボットアーム)

・宇宙服技術
・他天体での活動技術(作業ロボット、移動車等)

有人運用関連技術

○実時間運用管制技術
有人システムを、長期間安全に運用・利用する技術
・地上と搭乗員の連携
・異常事態対応のノウハウ

・宇宙探査での通信遅れと狭通信帯域への対応

○運用支援技術
長期間にわたって有人宇宙施設の機能を維持する技術
・点検、交換、予防保全の技術
・予備品や実験機器等の補給・回収を行う技術

・機器性能・環境の長期トレンドデータ取得
・機器換装による最新地上技術の導入

○管制員の訓練・認定技術
運用管制員の運用技量を高めるための技術

搭乗員関連技術

○搭乗員の選抜・訓練技術
・搭乗員の選抜ノウハウ
・搭乗員の活動能力を高める技術

○搭乗員の宇宙活動技術
・宇宙船搭乗、船外活動、危機回避等のノウハウ
・搭乗員管理・指揮(船長)のノウハウ

○健康管理技術・宇宙医学
搭乗員の健康を維持する技術
・トレーニングで骨・筋肉を維持する技術
・宇宙放射線被ばく量管理技術
・フライト中の「遠隔」健康診断技術
(1年を超える長期滞在向け)
・「自律」健康診断
・骨・筋肉減少、免疫低下の効果的な抑制

輸送技術

○有人ロケット技術
有人宇宙船を宇宙に輸送する技術。
(無人より高い信頼性が必要)

○有人宇宙船技術
軌道上で搭乗員が活動、地上に帰還させる技術

○有人施設への無人補給技術
・自立飛行、ランデブー、制御された再突入等の技術
・有人施設に結合できる高い安全性と信頼性

○有人宇宙施設からの無人回収技術
・有人施設からの分離、自立飛行、再突入・回収技術

○他天体への離着陸技術
月・惑星等の他天体への着陸及び離陸技術

○ISS計画への参加を通じ、習得・実証した技術
(青字は、運用中に新たに習得、またはノウハウ蓄積が進んだもの)

○引き続き、ISSで習得・実証していく技術

○将来習得していくべき技術

基盤技術

●開発管理技術
大規模・複雑なシステムを開発するためのマネジメント技術

●大型システム統合技術
大規模・複雑なシステムを開発するための統合技術

●安全評価・管理技術
設計から運用まで、安全性をより厳密に管理・評価する技術

●信頼性管理技術
宇宙機の信頼性をより厳密に管理する技術(部品・工程管理、検証方法など)

1. (2) 産業の振興の状況について(1/2)

【成果】

- 「きぼう」の開発・運用には約650社、「こうのとり」の開発・運用には約400社の日本企業が参画。ISS計画への参画がもたらす産業振興効果は“ものづくり”大国ニッポンを支える中小企業にまで浸透。その結果、高い安全性と信頼性を要求される大規模システムの設計・解析・統合技術など、企業における高度かつ裾野の広い有人宇宙技術の習得に繋がり、宇宙産業基盤の向上・維持・成熟に貢献。
- 特に、「こうのとり」は、打上げ手段であるH-IIBロケットとともに、年間約1回の打上げにより日本の宇宙産業のアンカーテナンシーとなっている。
- 参画企業は、世界レベルの技術力をアピールして企業ブランドを向上させると共に、習得した技術やノウハウ等をベースに、関連事業への展開、同技術の海外への輸出など新たなビジネスを拡大。
 - 「こうのとり」で開発したISSへの接近技術は、米国の民間輸送機にも採用され、「こうのとり」の近傍通信システムの製作を請け負った日本企業は、米国輸送機「シグナス」の開発企業から約60億円で受注するとともに(次ページ①。以下同)に、JAXAはシグナス運用の訓練やオペレーション支援を受託(②)。
 - その他、アポジエンジン(③)やISS用リチウムイオン電池(④)などで日本企業の海外受注につながっている。
 - ソフトウェアの安全評価手法は、自動車業界、航空機業界等の非宇宙産業へも適用されている(⑤)。

【今後の課題】

- 将来においても我が国宇宙産業が有人宇宙分野における国際的な競争力を持ち続けるためには、2020年以降のISSやそれに続くプログラム等により、日本の有人宇宙技術基盤の維持・向上、技術の継承、人材の継続的な育成が必要。
- 今後多くの国の参画が予想される国際宇宙探査において我が国宇宙産業が中核的な位置付けを獲得するためには、唯一の軌道上実験施設である「きぼう」をテストベッドとして活用し、宇宙探査に向けた新たな技術を産業界とともに実証・習得していく必要がある。

1. (2) 産業の振興の状況について(2/2)

ISS計画で習得した技術が海外受注につながった例

「こうのとりの」の近傍接近システム（通信装置）

- 三菱電機が「こうのとりの」用に開発した安全にISSにドッキングさせるための近傍通信システムが、米オービタルサイエンス社の宇宙貨物輸送機「シグナス」に採用。
- 受注総額は約60億円（6,600万米国ドル）で、2010年から2014年にかけて9機分を順次納入する予定。



米国民間補給機のISS接近イメージ

米国民間輸送機（シグナス）のランデブー運用支援

- 「こうのとりの」技術実証機（1号機）の成果を受け、米国の民間ISS補給機「シグナス」や「ドラゴン」のドッキング方式として、「こうのとりの」ランデブー・キャプチャー技術が採用され、JAXAはシグナス運用の訓練やオペレーション支援を受託。また、安全評価の支援作業を行っている。

「こうのとりの」のアポジエンジン

- IHIエアロスペースは、HTV3号機以降に搭載する500Nスラスト（HBT-5）と120N RCSスラスト（HBT-1）を開発。世界初のモノメチルヒドラジン燃料とするスラストで、従来の輸入スラストと比較して幅広い作動範囲で熱安定性を達成するなど、運用性を向上させた。
- JAXAとのスラスト開発をもとに開発した静止軌道投入用の500Nの推力を有するアポジエンジンは、世界最高性能の燃費を誇り、54台の輸出実績と33台の打上げ実績を持つ。海外顧客からも高い評価を得ている。

国際宇宙ステーション用リチウムイオン電池

- 株式会社GSユアサの100%出資会社GSユアサリチウムパワー社は、国際宇宙ステーション用のリチウムイオン電池を受注した。2016年以降、順次軌道上の現行品と換装される予定。
- 同電池は、H-IIIBロケットや人工衛星・HTV等で開発された宇宙用リチウムイオン電池の同等品で、現在ISSに使用されているニッケル水素電池と比べ質量・体積ともに約3倍の高エネルギー密度を実現している。
- 高い信頼性とISSの厳しい安全要求を満たした大容量（200Ah）リチウムイオン電池の「こうのとりの」での実証実績は、本電池を受注することにつながった。



宇宙用リチウムイオン電池

ソフトウェアの安全評価技術が航空機や自動車開発に活用 ~安心・信頼性向上への貢献~

- **宇宙産業：**
JAXAは、独立検証評価技術（IV&V技術）をH-IIA/H-IIIB/イプシロンのロケット及び衛星のソフトウェアにも適用し、開発手戻りの低減、運用段階での高い信頼性・安全性の確保を実現した。
- **地上産業：**
宇宙分野で培ったIV&V技術が、航空機業界や自動車業界に展開され活用されている。また、JAXAのIV&V技術解説書は、ガイドブック及びハンドブックとして産業界に配付され、多くの業界で使用されている。更に、経済産業省の「製品・システムにおけるソフトウェアの信頼性・安全性等に関する品質説明力強化のための制度構築ガイドライン」に繋がり、産業界における高信頼ソフトウェアの検証・評価のルール作りに貢献。



1. (3) 有人・無人宇宙技術の習得と産業振興の現状と今後

現状

- 有人輸送を除き、低軌道で自律的に有人宇宙活動を行うための主要な技術を効率的に習得。宇宙技術基盤を底上げ。
- 開発参加企業が、獲得した技術で国際的にビジネス展開(「こうのとりのドッキング技術等)。
- 「きぼう」のオペレーションを通じた技術の成熟と未習得技術の獲得。

課題

- 有人システムの長期安定オペレーション技術の習得が途上。
- 有人宇宙探査には、生命維持・医学等の技術のステップアップが必要。
- 宇宙探査への国際的気運の中で、国際プレゼンス維持の方策が必要。

- 世界を牽引するコア技術の獲得
- 探査での中核的役割を担う
- 宇宙産業の国際競争力を牽引

< 今後 > 将来の国際宇宙探査を視野に入れた戦略的技術の習得と産業の競争力強化

□ 閉鎖居住系のテストベッド利用により、我が国の強みとなる深宇宙探査の技術を獲得

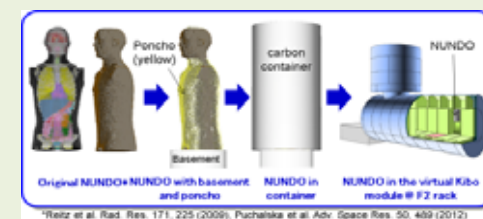
- ・宇宙医学・健康管理技術(遠隔診断技術、放射線遮蔽・被曝予測)
- ・高効率・高信頼性の居住環境制御技術(水・空気再生など)

□ 日本の中核的研究機関と連携し、有人宇宙滞在技術を支える基礎研究を実施

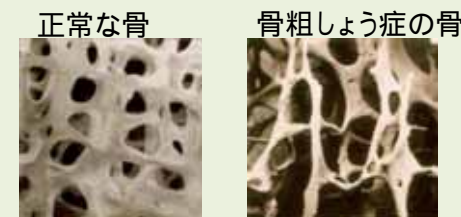
- ・身体変化(骨・筋肉・免疫系)に係る医学・生物学研究
- ・有人火災安全性の高い材料の研究

□ 先端的インフラ技術の実証を促進(再生型燃料電池や深宇宙光通信技術等)

□ 米国との継続的な統合運用を通じて、長期有人オペレーションの技術を習得するとともに、「宇宙探査」を担う人材と能力を確保。



放射線被曝予測

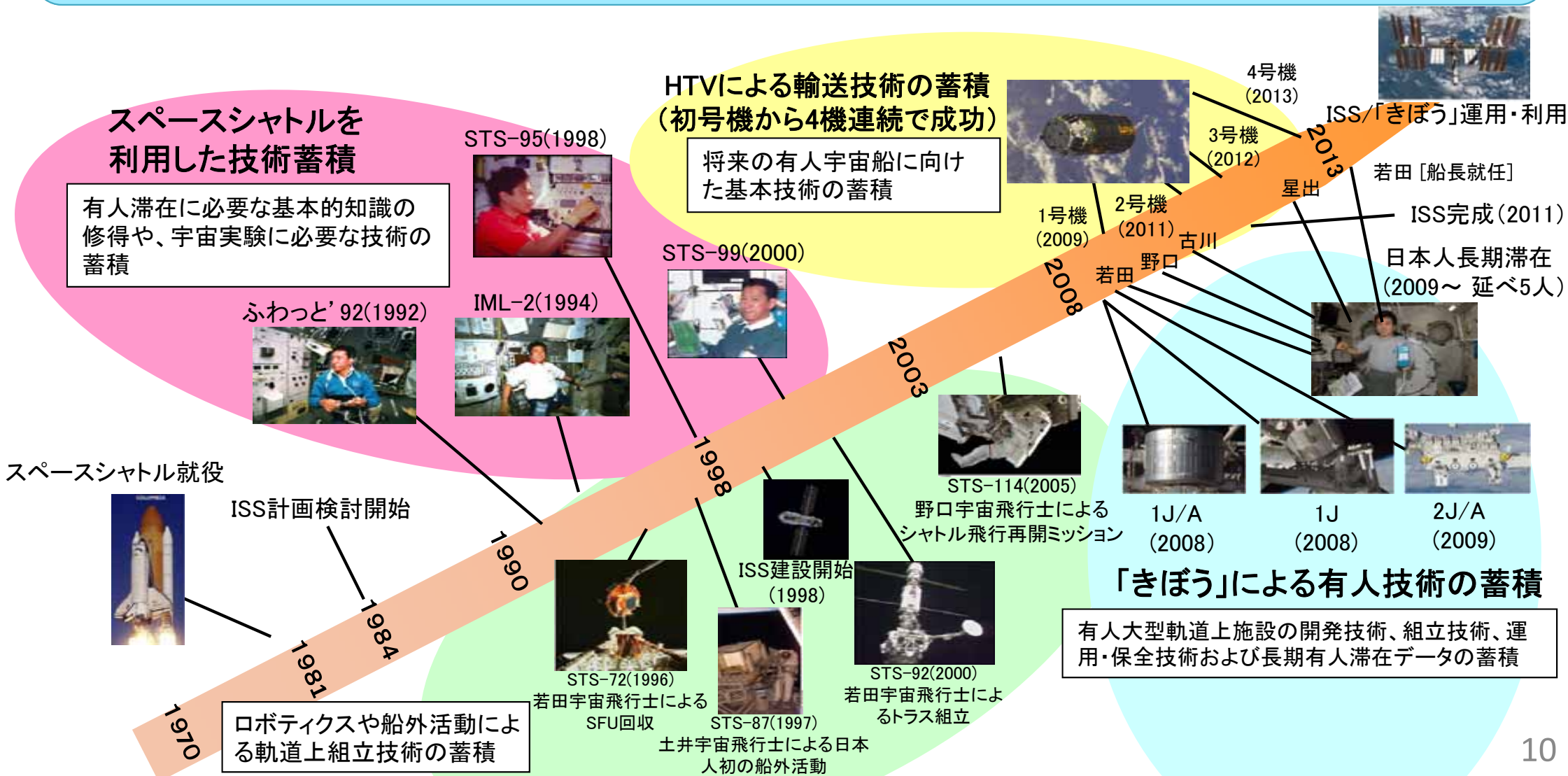


宇宙では骨・筋量減少が加速

(1 . 参考 1) 有人・無人宇宙技術の習得(1/7)

■ 我が国の有人宇宙開発への取組

- ISS計画参加当初の日本の宇宙開発は、米国からの技術導入によるロケット・衛星の開発から、自主開発への移行を始めたところ。有人技術は持っておらず、有人宇宙活動のキーとなる部分は、米国に頼らざるを得ない状況であった。
- スペースシャトルに客として乗せてもらい、シャトルミッションに参加するところからスタート。「きぼう」「こうのとり」の開発・運用、ISS長期滞在等の実績を蓄積し、NASAと対等なパートナーとして自ら有人施設を運用するまでに至っている。



(1 . 参考 1) 有人・無人宇宙技術の習得(2/7)

■ 日本の補給船“こうのとりのり(HTV)”がもたらす成果(1/2) ~ 技術面

- 「こうのとりのり」によるISSへの物資の輸送・補給により国際宇宙基地協力協定における我が国の責務を果たすとともに、ISSへのランデブーからドッキング、貨物移送、再突入に至る全フェーズに対し、将来の国際宇宙探査にもつながる軌道間輸送や有人システムに関する中核的な技術を習得した。
- これらの開発、運用実績により、「こうのとりのり」はISS参加国から高い評価・信頼を得て、ISS補給計画に必須の存在となるとともに、「こうのとりのり」で確立したISSへの安全な接近方式が米国民間ISS補給機に対する模範となるなど日本の技術力を世界に示した。

自動ランデブー技術の価値

- ・ 人工衛星等の自動ランデブー技術は、機微技術であり、保有するのは世界で5ヶ国のみ（米、露、欧州宇宙機関、日本、中国）
- ・ HTVの自動ランデブー・ドッキング方式は米国民間宇宙船で採用、HTVの搭載装置（接近装置、小型エンジン、電源等）を輸出
- ・ HTVのランデブー・ドッキング技術は、ISSの標準方式のガイドラインとして貢献

HTVの安全設計技術の価値

- ・ 有人宇宙船の安全設計と同じレベルの厳しさ（2故障が生じても安全確保できることが必須）（無人の人工衛星とは異なり、人の命を守る高いレベルの安全標準を満足している。）

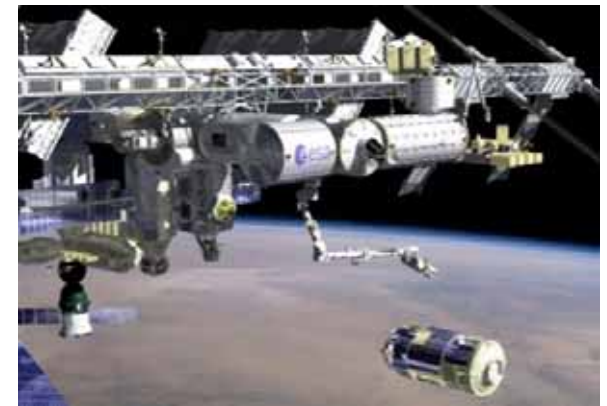
HTV打上げの正確さは、日本ブランドの証し

- ・ 定時打上げ、定刻のISS到着を連続達成。高い信頼性の日本ブランドをアピール。

(1 . 参考 1) 有人・無人宇宙技術の習得(3/7)

■ 日本の補給船“こうのとり(HTV)”がもたらす成果(2/2) ~ 国際面

- 開発当初、有人システムへのランデブー・ドッキングは米国とロシアしか実績がなく、HTVの実現に関してNASAから強い懸念が示されていたが、ETS-VIIIによるランデブー・ドッキングの軌道上実験の成功や、無人機とは比較にならないほどの高い信頼性の確保やフェイルセーフ・多重冗長構成による耐故障設計等、厳しい有人安全要求に対する膨大な設計・運用への対応により、NASAの信頼を獲得するとともに開発を成功に導いた。初号機から4機連続の成功により、信頼しうる輸送システムとして我が国の宇宙開発技術の高さを示した。
- 初号機から4機連続で定時発射・定時到着を実現し、高い安定性を実証した。米国スペースシャトルが退役後、HTVが大型船外・船内機器をISSに輸送できる唯一の補給機となり、ISSへの物資補給計画、不可欠な補給システムとの位置づけを獲得している。ISS運用期間延長(2016年~20年)に伴う物資補給計画の検討・交渉においても、NASAからHTVによる補給追加を強く要望されるなど、宇宙開発活動全体における日本の国際的なプレゼンスを向上させた。
- HTVの開発・運用を通して、有人安全を考慮した自律飛行技術、ランデブー・キャプチャ技術、大型物資輸送技術など、今後の宇宙開発活動の更なる発展・拡大に有益な各種基盤技術を習得した。特に、ISSに並進しながら徐々に接近し、距離10mの真下からゆっくりと上昇し、ISSのロボットアームにより捕獲される接近・結合方法は日本が発案し、実現した独自性の高い技術である。他国の従来方式と比べて安全性が高く、その方式が実証された現在では米国の民間ISS補給機“シグナス”や“ドラゴン”にも採用される等、ドッキング方式として新たな国際的なスタンダードとなる可能性を秘めた技術に成長した。この結果として、米国へのHTV国産機器の輸出や米国民間ISS補給機のISS近傍運用の支援受託などに貢献している。



(1. 参考1) 有人・無人宇宙技術の習得(4/7)

■ 今後獲得すべき有望な技術の例 ~ 高効率・省リソースの水再生システム

- 現行水再生システム(米国製)では、将来の火星探査など低軌道以遠のより長期の有人ミッションには技術的課題がある。
- 本分野は**日本が世界をリード**。宇宙分野において国際標準化できる可能性があり、「強み」となり得る。

(1) 概要・意義

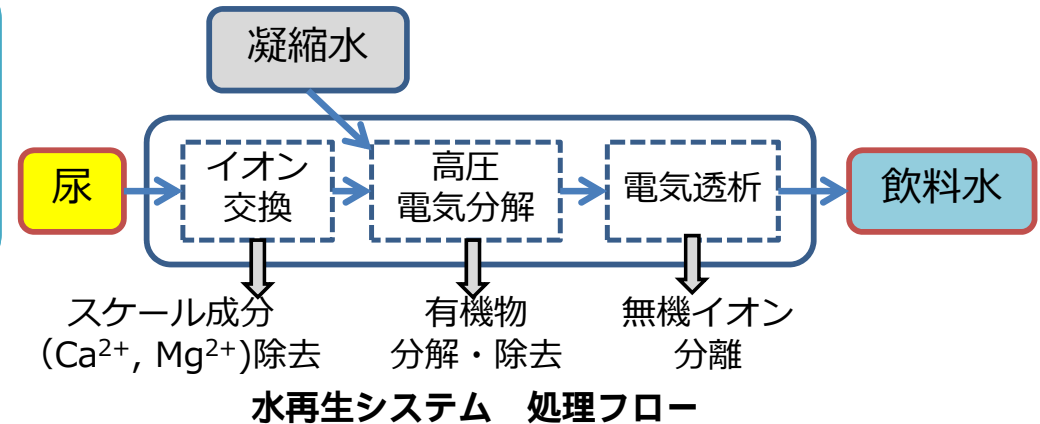
- 水再生は、十分な物資輸送が困難な有人宇宙探査での生命維持に不可欠。その高効率化は、低軌道以遠のより長期の有人ミッションの実現に必須。
- 日本の最先端の水処理民生技術を活用し、船内の空気から回収する凝縮水や飛行士の尿を飲料水レベルの水質に再生する将来型水再生システムを開発。

(2) 課題・目標

- 現行ISSシステムの蒸留・触媒酸化方式(実績75%)と異なる電気分解方式を採用することで、高い再生率(目標85%)、低消費電力、消耗品なしを実現する。
- 特に、高い再生率、消耗品なしは、国際的にも高い優位性を有する。(NASA見解)

(3) 研究・開発計画

- 地上での要素試験により、再生率の数値目標が達成可能な見込みを得ている。
- 2016年には、小型の技術実証用装置で実証実験を行う計画。



	目標	現行ISS
再生率(尿)	85%	75%
電力	370W以下	約1000W
消耗品	なし(*)	イオン交換樹脂等

(*) イオン交換樹脂は、電気透析の生成水による洗浄で機能回復(再生)する。



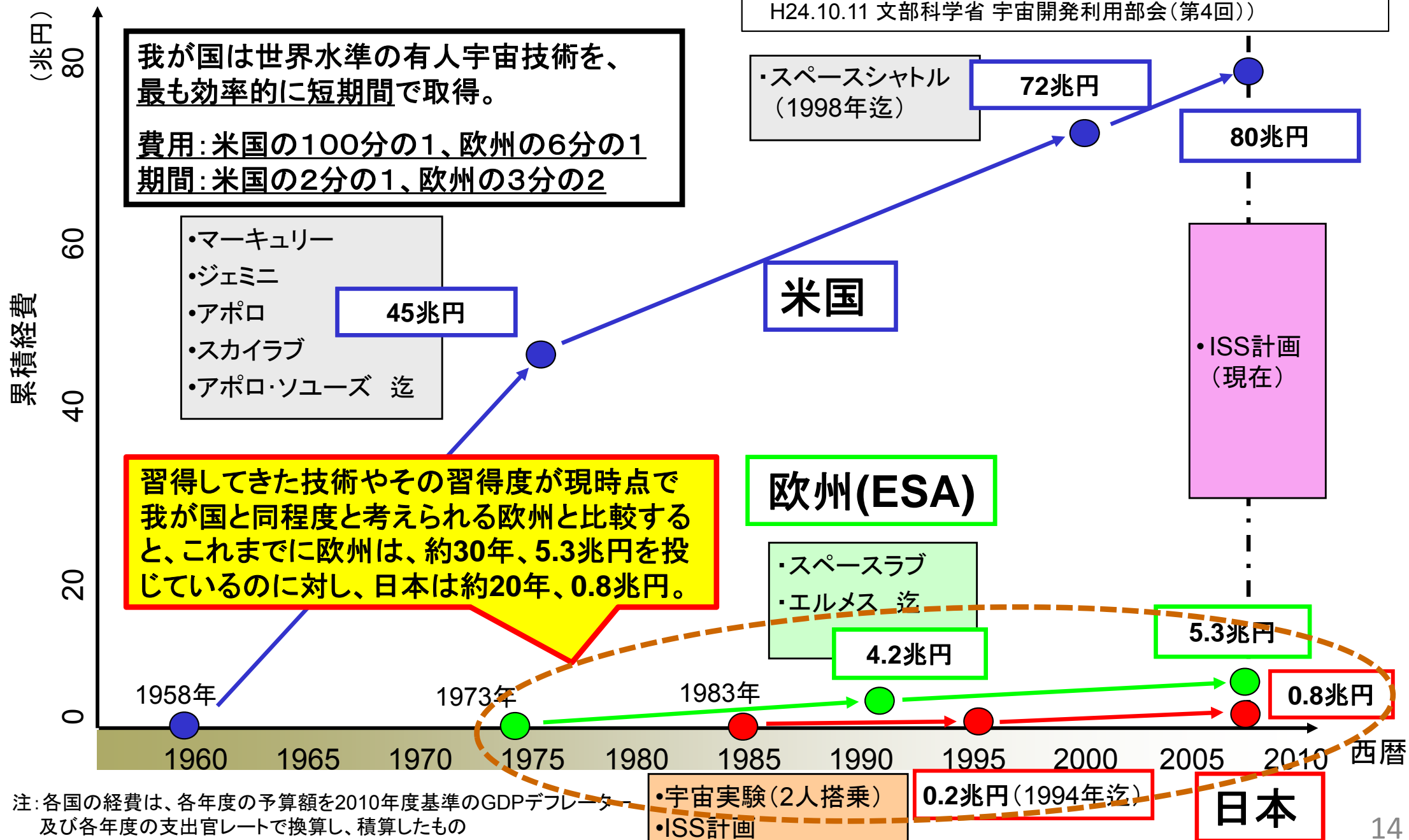
地上要素実証モデル

研究・開発スケジュール

FY2012	FY2013	FY2014	FY2015	FY2016	FY2017
要素研究			↑	打上げ	
地上要素実証モデル製作・試験	軌道上実証モデル製作・試験			ISS実証	

(1 . 参考 1) 有人・無人宇宙技術の習得(5/7)

(出典:「宇宙探査の今後の展望に関する私見」、堀川康発表資料、H24.10.11 文部科学省 宇宙開発利用部会(第4回))



注:各国の経費は、各年度の予算額を2010年度基準のGDPデフレーター及び各年度の支出官レートで換算し、積算したもの

(1 . 参考 1) 有人・無人宇宙技術の習得(6/7)

■ 日米のISS計画への投資額

我が国のISS計画への投資額は、米国の約10分の1。
ISS計画への参加得られる便益を効率的に獲得。

国名(実施機関)	これまで(2013年まで)の経費
<p>日本(JAXA)</p>	<p style="text-align: center;">約8,260億円</p> <ul style="list-style-type: none"> ①JEM開発 : 約2,500億円 ②HTV開発 : 約 680億円 ③実験装置の開発 : 約 450億円 ④地上施設・設備の開発、 宇宙飛行士の養成・訓練、JEM打上げ等 : 約2,360億円 ⑤運用利用に係る経費 : 約2,270億円
<p>米国(NASA)</p> <p>1ドル=105円 (過去20年間の平均支出官レート)</p>	<p style="text-align: center;">約7兆6,800億円(総額731億ドル)</p> <p>総額には次の項目を含む</p> <ul style="list-style-type: none"> ①フリーダム計画 ②ISS開発(1994～) ③ISS運用 ④スペースシャトル運用 ⑤他の有人/貨物輸送 ⑥利用 ⑦その他NASAコスト

※ 米国の経費は、コンサルタント会社の調査結果及び各極の予算報告書による

(1 . 参考 1) 有人・無人宇宙技術の習得(7/7)

■ 世界第3位の宇宙滞在実績と、世界レベルの有人運用技術

- ISS計画への参加により、宇宙飛行士の搭乗実績、船外活動実績等の国別の順位は、米露に続く世界第3位まで上昇。我が国が有人宇宙活動における人材育成やノウハウの蓄積が進んでいることの表れ。
- 若田飛行士のISS船長への就任により、有人宇宙基地や搭乗員の管理、緊急時の対応のノウハウ等を蓄積すると共に、我が国が、国際協力で有人宇宙活動を行う上で中核的な役割を担うレベルに達していることを示した。
- ISSや「こうのとり」の運用に係る地上管制を各極と連携しながら我が国自らが実施した結果として、非常事態の対応も含めた有人宇宙システムの統合的な運用に関するノウハウの蓄積、将来の国際宇宙探査等で必要となる管制員や運用支援員等の育成につながっている。

➡ 将来の国際宇宙探査において日本が重要な役割を担う上で、ISSで習得する技術やノウハウが生かせる。

- 宇宙先進国として、世界有数の長期宇宙滞在実績と技術を着実に蓄積。
- これまでに11人の宇宙飛行士を養成し、8人が計16回の宇宙飛行を行い、うち4回は長期滞在を経験。実績とノウハウを蓄積している。
- 若田飛行士は、アジア人初のISS船長にも就任。日本が有人宇宙技術において対等なパートナーと認識されている証。第2、第3のISS船長を輩出することによって、宇宙分野での国際的な日本の位置付けがより強固なものになる。
- 「きぼう」の運用管制員を日本で育成・認定。英語が母国語ではない日本においても国際的な交渉スキルと技術を有する人材を多数輩出。ISSのような大規模施設を安全・安心に運用するマネジメント技術は、将来の国際宇宙探査にも生かせる。
- 搭載実験装置の安全審査権限をNASAから委譲され、日本単独で「きぼう」の安全管理責任を担っており、米国や欧州と対等な立場まで高めた。

	国名	日数
1	ロシア	約23,600日
2	アメリカ	約16,700日
3	日本	約929日
4	カナダ	約506日
5	ドイツ	約493日

各国の宇宙滞在累積日数(H26/5/14時点)
(ISS以前のミール、シャトル等の実績含む)

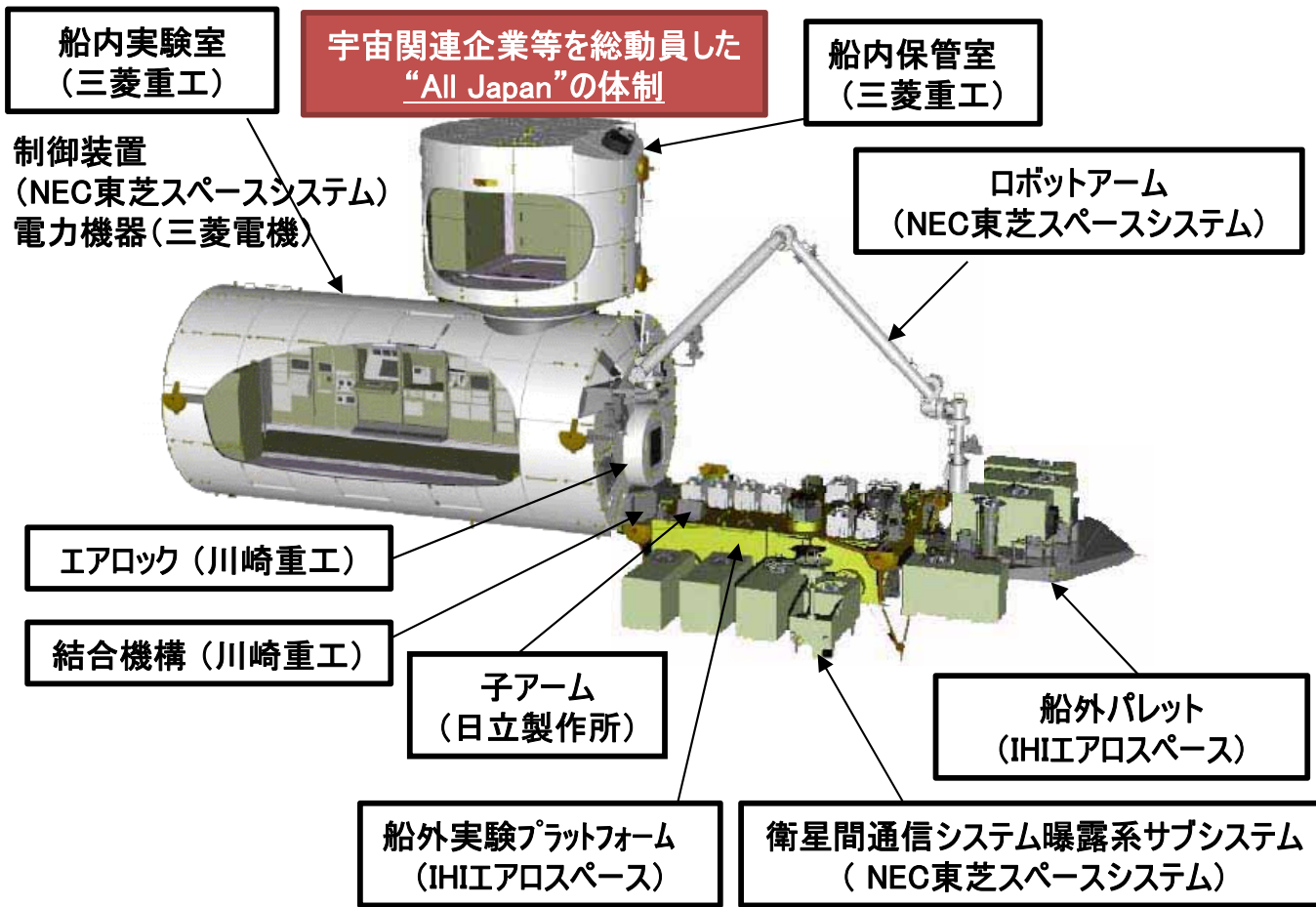


「きぼう」の運用管制@筑波宇宙センター

(1 . 参考 2) 産業の振興(1 / 6)

■ 多くの日本企業が関わる「きぼう」日本実験棟の開発・運用

- 日本実験棟「きぼう」の開発及び運用に関わった企業数は、国内約650社()。
- 「きぼう」の開発・運用への参画は、企業における高度かつ裾野の広い有人宇宙技術の習得に繋がり、結果、産業基盤の維持と成熟に大きく貢献。
- 参加企業は、技術力を国内外にアピールでき、海外企業との新たなビジネスチャンスの獲得や将来の国際共同プロジェクトにおけるポジション担保にも繋がる。



支える中小企業の技術例

←プラズマ浸炭処理技術を活かし、軽く強く、耐食性が優れるボルト。200回以上の繰り返し締め付け・緩めにも焼き付きを起こさない。
ISS-きぼう結合チタンボルト(榊田中・大阪市)

←アルミニウムやステンレスを0.01ミリ単位で加工。送風口に取り付ける羽の角度を1枚ずつ微調整し適音に。
船内実験室の空調設備 (川西航空機器工業(株)・兵庫県)

←国際宇宙ステーション関連部品などのマーキングや超精密溶接 (東成エレクトロビーム(株)・東京都)

↑タンパク質結晶生成装置・溶液結晶化観察装置内 CCDカメラ(竹中システム機器(株)・京都府)

アルミ合金180kgから4.8kgまでの、
→ 高品質かつ高精度な切削加工
ステーション骨組(榊瑞木製作所・愛知県)

該当企業ホームページ情報及び報道内容による

(1 . 参考 2) 産業の振興(2/6)

■ 「こうのとりのり」開発・運用で我が国の宇宙技術は世界トップレベルへ到達

- これまで蓄積されてきた国内宇宙企業の先端技術を結集し、国家基幹技術として開発。国内約400社が開発・製造・運用に参画。
- 2009年～2016年に合計7機を打上げ予定。定期的な製造・運用は、アンカーテナンシーとして参加企業の技術基盤維持にも寄与。
- 2011年のスペースシャトル退役後は、大型船外機器、船内実験ラックを輸送できる唯一の手段であり、ISS全体の運用を支える重要な役割を担う。
- 将来、軌道間輸送の技術として、国際宇宙探査や低軌道輸送サービス等に生かせる。

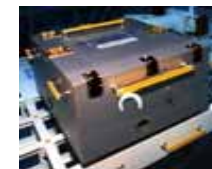
「こうのとりのり」のみが輸送可能な物資



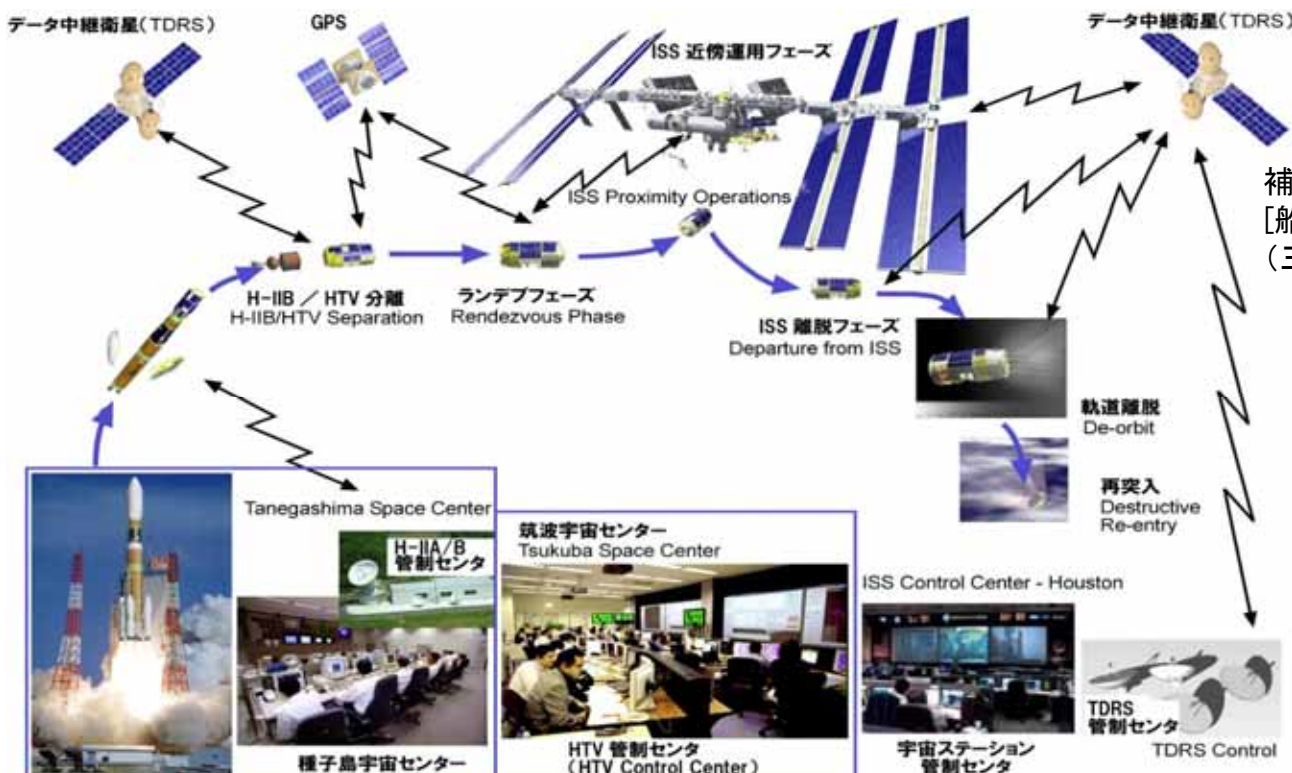
船内実験ラック



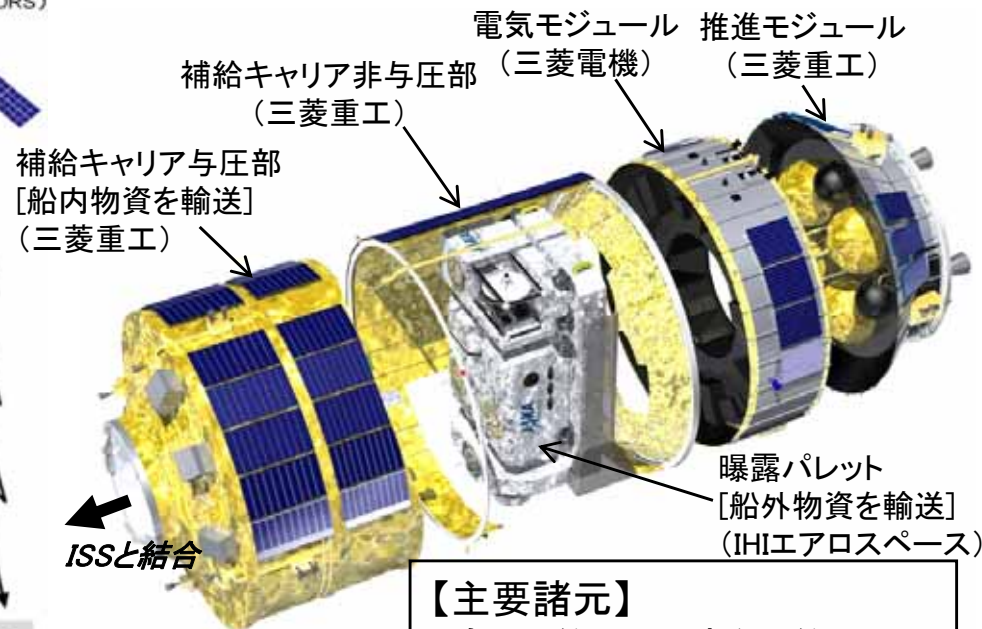
大型船外実験装置



大型船外機器 (ISSシステム補用品)



(運用概念図)



【主要諸元】

- ・全長: 約10m, 直径: 約4.4m
- ・質量: 約10.5トン(補給品除く)
- ・補給品搭載能力: 最大6トン

(機体概要)

(1 . 参考 2) 産業の振興(3/6)

■ ISS計画で習得した技術が海外受注につながった例

● 「このとり」の近傍接近システム（通信装置）

- 三菱電機が「このとり」用に開発した安全にISSにドッキングさせるための近傍通信システムが、米オービタルサイエンス社の宇宙貨物輸送機「シグナス」(右図)に採用されている。
(<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2009/1022-a.html>)
- 受注総額は約60億円 (6,600万米国ドル) で、2010年から2014年にかけて9機分を順次納入する予定。

● 米国民間輸送機（シグナス）のランデブー運用支援

- HTVで開発したランデブー・キャプチャー技術は、ISSに併進しながら徐々に接近し、距離10mの真下からゆっくりと上昇し、ISSのロボットアームによって捕獲する技術。従来の方式と比べてISSへの衝突の危険性が低く、安全性が高い。
- 「このとり」技術実証機(1号機)の成果を受け、米国の民間ISS補給機「シグナス」や「ドラゴン」のドッキング方式として採用された。
- 「シグナス」は、HTVで開発した近傍接近システムを使用するため、JAXAはシグナス運用の訓練やオペレーション支援を受託した。また、安全評価の支援作業を行っている。(右図)
(<http://www.orbital.com/Antares-Cygnus/2009-2011/>)



米国民間補給機がISSへ接近するイメージ



トランスポンダ



ダイプレクサ



安全評価管理



オペレーション

(1 . 参考 2) 産業の振興(4 / 6)

■ ISS計画で習得した技術が海外受注につながった例

● 「このとり」のアポジエンジン

- IHIエアロスペースは、HTV3号機以降に搭載する500Nスラスタ(HBT-5)と120N RCSスラスタ(HBT-1)を開発。世界初のモノメチルヒドラジンを燃料とするスラスタで、従来の輸入スラスタと比較して幅広い作動範囲で熱安定性を達成するなど、運用性を向上させた。
- JAXAとのスラスタ開発をもとに開発した静止軌道投入用の500Nの推力を有するアポジエンジンは、世界最高性能の燃費を誇り、54台の輸出実績と33台の打上げ実績を持つ。海外顧客からも高い評価を得ている。

(<http://www.ihico.jp/ia/product/satellite.html>)



アポジエンジン(左)と元になった500Nスラスタ(右)

● 国際宇宙ステーション用リチウムイオン電池

- 株式会社GSユアサの100%出資会社GSユアサリチウムパワー社は、国際宇宙ステーション用のリチウムイオン電池を受注した。2016年以降、順次軌道上の現行品と換装される予定。
- 同電池は、H-IIBロケットや人工衛星・HTV等で開発された宇宙用リチウムイオン電池の同等品で、現在ISSに使用されているニッケル水素電池と比べ質量・体積ともに約3倍の高エネルギー密度を実現している。
- 高い信頼性とISSの厳しい安全要求を満たした大容量(200Ah)リチウムイオン電池の「このとり」での実証実績は、本電池を受注することにつながった。(http://www.gs-yuasa.com/jp/nr_pdf/20121130.pdf)



宇宙用リチウムイオン電池