

I.2.(2) 有人宇宙活動プログラム

平成25年度 内部評価 S

①国際宇宙ステーション(ISS)

中期計画記載事項:国際宇宙基地協力協定の下、我が国の国際的な協調関係を維持・強化するとともに、人類の知的資産の形成、人類の活動領域の拡大及び社会・経済の発展に寄与することを目的として、国際宇宙ステーション(ISS)計画に参画する。

ISSにおける宇宙環境利用については、これまでの研究成果の経済的・技術的な評価を十分に行うとともに、将来の宇宙環境利用の可能性を評価し、ISSにおける効率的な研究と研究内容の充実を図る。また、ISSからの超小型衛星の放出による技術実証や国際協力を推進する。

なお、ISS計画への参画にあたっては、費用対効果について評価するとともに、不断の経費削減に努める。

ア. 日本実験棟(JEM)の運用・利用

日本実験棟(JEM)の運用及び宇宙飛行士の活動を安全・着実にを行うとともに、宇宙環境の利用技術の実証を行う。また、ISSにおけるこれまでの成果を十分に評価し、成果獲得見込みや社会的要請を踏まえた有望な分野へ課題重点化を行い、JEMを一層効果的・効率的に活用することで、より多くの優れた成果創出を目指す。具体的には、生命科学分野、宇宙医学分野及び物質・物理科学分野の組織的研究を推進するとともに、タンパク質結晶生成等の有望分野への重点化を行う。さらに、世界的な研究成果を上げている我が国有数の研究機関や、大学、学会などのコミュニティとの幅広い連携を強化する。

船外実験装置については、宇宙科学及び地球観測分野との積極的な連携による利用の開拓を行う。

加えて、ポストISSも見据えた将来の無人・有人宇宙探査につながる技術・知見の蓄積に努める。

また、ISSからの超小型衛星の放出等による技術実証や、アジア諸国の相互の利益にかなうJEMの利用等による国際協力を推進する。

イ. 宇宙ステーション補給機(HTV)の運用

宇宙ステーション補給機(HTV)の運用を着実にを行う。それにより、ISS共通システム運用経費の我が国の分担義務に相応する物資及びJEM運用・利用に必要な物資を着実に輸送・補給する。

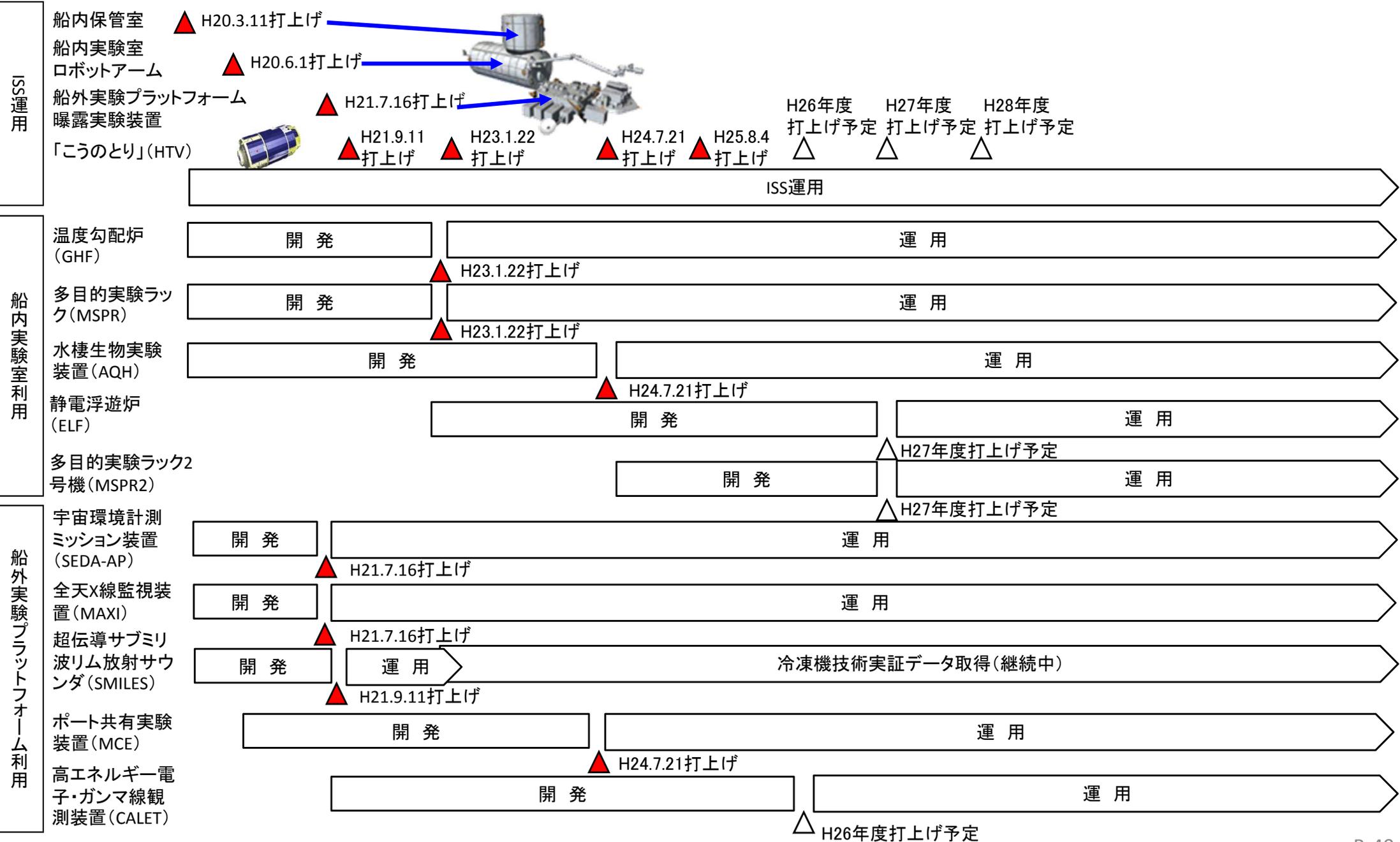
特記事項(社会情勢、社会的ニーズ、経済的観点等)

●平成26年1月の国際宇宙探査フォーラムにおいて、下村文部科学大臣は「我が国は、ISS計画で得られた経験を活かし、宇宙探査における国際協力の枠組み作りについて、先導的な役割を果たす。」「我が国が得意とする技術や独自技術を活かして、将来の宇宙探査に対しても主体的に貢献したい。」と発言された。

●平成25年に制定された「宇宙基本計画」において、「ISSの運営経費をH-IIBロケットで打ち上げるHTV(こうのとりのり)による運搬で負担しており、2015年までに計7機を打ち上げることになっている。」と記載されている。また、「有人宇宙活動は、国民に夢を与えると同時に、他の宇宙先進国との協力を通じて新たな技術を獲得する機会として重要である。また、国際協力として我が国のプレゼンスの発揮にも資するほか、宇宙教育等の観点からも意義がある。」と記載されている。

マイルストーン

H20年度 (2008)	H21年度 (2009)	H22年度 (2010)	H23年度 (2011)	H24年度 (2012)	H25年度 (2013)	H26年度 (2014)	H27年度 (2015)	H28年度 (2016)	H29年度 (2017)	H30年度 (2018)	H31年度 (2019)	H32年度 (2020)
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------



国際宇宙基地協力協定の下、我が国の国際的な協調関係を維持・強化するとともに、人類の知的資産の形成、人類の活動領域の拡大及び社会・経済の発展に寄与することを目的として、国際宇宙ステーション(ISS)計画に参画する。

ISSにおける宇宙環境利用については、これまでの研究成果の経済的・技術的な評価を十分に行うとともに、将来の宇宙環境利用の可能性を評価し、ISSにおける効率的な研究と研究内容の充実を図る。また、ISSからの超小型衛星の放出による技術実証や国際協力を推進する。

なお、ISS計画への参画にあたっては、費用対効果について検討するとともに、不断の経費削減に努める。

ア. 日本実験棟(JEM)の運用・利用

日本実験棟(JEM)の運用及び宇宙飛行士の活動を安全・着実にを行うとともに、宇宙環境の利用技術の実証を行う。また、ISSにおけるこれまでの成果を十分に評価し、成果獲得見込みや社会的要請を踏まえた有望な分野へ課題重点化を行い、JEMを一層効果的・効率的に活用することで、より多くの優れた成果創出を目指す。具体的には、以下を実施する。

(a) JEMの運用

- ・ JEMの保全補給を含む軌道上運用継続による技術蓄積及びISS/JEMの利用環境の提供
- ・ ISS運用継続を受けたJEM運用計画の策定
- ・ ポストISSも見据えた将来の無人・有人宇宙探査につながる技術・知見の蓄積

実績:

(1) 日本実験棟(JEM)「きぼう」の24時間365日の連続運用による技術蓄積とISS/JEM利用環境の提供

- ① 小型・高機能で低価格の民生品や最先端の地上技術を短期間のうちに軌道上実験に適用できるようになり、JEMを最大限利用する条件を整えた。
 - ・ 民生品の超高感度4Kカメラを3ヶ月という短い準備期間で宇宙仕様に改修し、宇宙ステーション補給機「こうのとり」(HTV)4号機により打上げ、機能が正常であることを確認した。そして、世界初となる宇宙での高解像度動画撮影や生中継をNHKと共同で成功させた。
 - ・ 民生品を活用して低価格で開発した保冷库及び冷凍冷蔵庫の機能確認を行い、冷凍冷蔵品の輸送・保管技術を確認した。これまで米国機材に頼ってきた冷蔵冷凍品の輸送や軌道上での保管、保管温度の設定の自由度を高め、ISS/JEMの利用環境を改善させた。
- ② JEMのユニークな機能であるエアロックやロボットアームを活用し、日本の小型衛星放出機構により超小型衛星の放出に成功した。
- ③ 電源系の短絡不具合により運用を停止していたJEMの衛星間通信システムを復旧させた。

(2) 安全・ミッション保証活動

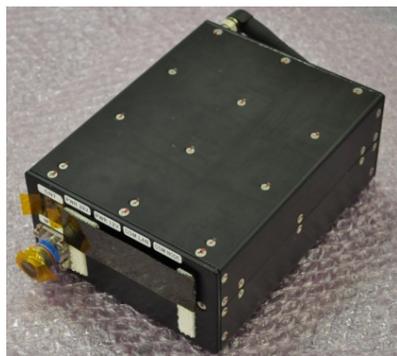
- ① JEMシステム品の設計審査35件、安全審査40件及びJEM実験装置等の設計審査66件、安全審査32件を実施し、設計審査及び安全審査での指摘が打上げまでに全て処置され、「きぼう」での安全かつ確実なミッションの達成に寄与した。
- ② 実験装置に限られていたJAXA安全審査最終承認権限に加え、JEMシステムの予備品及び再打上品についてもJAXA安全審査最終承認権限が、NASAとの調整によりJAXAに委譲することができた。NASAからJAXAに安全審査承認最終権限を拡大することは、JEMの利用者にとって、安全審査受審プロセスの利便性の向上及び迅速化に大きく寄与することができる。
- ③ 米国民間企業が運用するシグナス補給船デモ機及び運用1号機の国際宇宙ステーション(ISS)へのドッキング及びISSからの離脱運用について、安全確認を実施し、安全確認での指摘が打上げまでに処置され、確実なミッションの達成に寄与した。

(3) 我が国の2016年以降のISS計画参加方針を踏まえたJEM運用計画

- ① ISS運用に支障を与えないよう配慮しながら、運用管制要員の削減や宇宙飛行士訓練の効率化等により、継続的にJEM運用経費を削減した（平成24年度比の削減額は3億円、JEMの本格運用を開始した平成22年度比の削減額は9億円）。
- ② JEM寿命評価結果に基づき、ISS運用継続に必要なJEM機器の予備品を準備した。（冷却水循環用ポンプ、エアロック制御装置等）
- ③ 2016年以降のISS共通システム運用経費の日本の分担について、文部科学省の意向を踏まえてNASAとの協議を実施した。

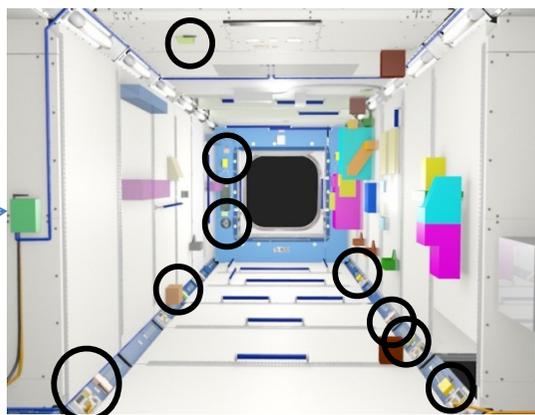
(4) 将来の宇宙探査につながる技術・知見の蓄積

- ① 平成20年から継続して計測しているJEM船内の放射線実測データに基づき、日本原子力研究開発機構との共同研究により、被ばく線量評価のための解析モデルを構築し、将来の宇宙探査ミッションで必要となる放射線遮蔽材料の軌道上実証に向けた準備を実施した。地球低軌道よりも過酷な放射線環境である宇宙探査ミッションの実現に向け、最大のリスクである「宇宙放射線による被ばく」を低減するための放射線防御技術の実証試験をISSにて世界に先駆けて実施する環境が整いつつあり、日本の技術のプレゼンス向上に繋がる。
- ② JEM船内の温湿度・風速・圧力等の環境データを測定する環境計測装置を民生品を活用して開発し、ISSでの機能確認後、定常運用に移行。将来の有人システムのキーとなる技術である環境制御・生命維持技術(ECLSS)の獲得に向け、ISS上での技術実証に必須となる環境データを継続的に取得できる環境が整った。取得した環境データをもとに、各種解析(風速分布、温度分布等)モデルのコリレーションを行い、将来のECLSS機器設計における必要性能の検証が可能となる。



JEM環境計測装置・親機

(子機が取得したデータをワイヤレスで収集)



JEM船内の子機の主な取付け箇所(模式図)



子機A(センサ内臓型):
温度・湿度・照度・圧力・人感センサを内部に有する。

子機B(外部センサ接続型):
風力センサ、ガスセンサ等のセンサを外部に取り付け可。
写真は風力センサ。

効果:

- ① 民生品をISSで安全に使うためには、電子基板のコーティング(無重力で金属片が浮遊してショートすることを防ぐ)、真空さらし(コンデンサ等封入部品の漏れチェックや、真空になっても破裂しないかの確認)、オフガス試験(密閉した空間で有害なガスが揮発していないか確認)をはじめとする各種安全化・確認試験を行う必要がある。機構が培った有人宇宙安全技術や宇宙搭載性評価技術により、わずか3ヶ月という短期間で民生品を宇宙仕様に改修できることを証明し、今後ISS/JEMで使用できる機器を大幅に増やすことを可能とする技術を確立した。
- ② JEMエアロック、ロボットアームといったJEMのユニークな機能は、国内ユーザだけでなく、他の国際パートナーからの使用希望もきている。特に宇宙飛行士の船外活動なしに機器を船外に出せるJEMエアロックの使用については、更なる利用機会の提供を求められており、日本の技術のプレゼンス向上に繋がった。
- ③ 日本が開発した超小型衛星放出方式が定着し、米国民間会社やベトナムの超小型衛星等、合計37機がJEMから放出され、国際的な利用要望が急増し、ISS全体の利用価値の向上に大きく貢献した。

- ・ ISS 宇宙飛行士に対するJEM 訓練の実施
- ・ 日本人宇宙飛行士の搭乗に対する安全評価
- ・ 日本人宇宙飛行士のISS長期滞在の実施、ISS長期滞在に向けた訓練、及び健康管理の実施

実績:

(1) ISS 宇宙飛行士に対するJEM 訓練の実施

- ① 国際間で調整したスケジュールに従い、ISSに搭乗指名された日本人及び国際パートナーのISS宇宙飛行士20人(米国:NASA、ロシア:FSA、欧州:ESA、カナダ:CSA、日本:JAXA)※に対して、JEM及びHTVシステムの運用訓練及び実験運用訓練を実施した。全ての訓練を完了した15人については、ISS搭乗に向けJAXA認定を実施した。(これまでJAXA認定を実施したISS宇宙飛行士の延べ人数は148名)。
※NASA:アメリカ航空宇宙局、FSA:ロシア宇宙庁、ESA:欧州宇宙機関、CSA:カナダ宇宙庁
- ② ソユーズ34S~37Sまでの12人の宇宙飛行士に対し、ISSに搭乗している期間に、国際パートナーと協同で軌道上で緊急時対処訓練を実施した。

(2) 若田飛行士搭乗に対する安全評価の実施

- ① 若田飛行士の打上げ及びISS長期滞在の安全確認を行い、安全確認での指摘事項を打上げまでに処置し、安全かつ確実な打上げの成功とISS長期滞在の実施に寄与した。

(3) 日本人宇宙飛行士のISS長期滞在の実施

平成25年11月から平成26年5月(予定)まで若田宇宙飛行士がISSに長期滞在し、平成26年3月までに以下の任務を完了した。

- ① ロボットアームを操作してオービタル社シグナス補給船運用1号機をISSに結合。
- ② JEMのエアロックとロボットアームを使用し、超小型衛星を放出するための準備作業を実施。
- ③ 超高感度4Kカメラによるオーロラとアイソン彗星を撮影。
- ④ ロボットアームを精密に操作できる高い技量を活かし、米国人宇宙飛行士による熱制御系ポンプ交換のための船外活動(平成25年12月21日,12月24日)を支援。
- ⑤ **日本人宇宙飛行士として初めてISSコマンダー(第39次船長)に就任(平成26年3月9日)。**

(4) ISS長期滞在に向けた訓練及び健康管理の実施

- ① ISS長期滞在中の若田宇宙飛行士(平成25年11月7日打上げ、平成26年5月帰還予定)に対して、軌道上健康管理を実施。若田飛行士は心身ともに健康を維持している。
- ② 若田飛行士、ISS長期滞在予定の油井宇宙飛行士(平成27年6月頃打上げ予定)及び大西飛行士(平成28年6月頃打上げ予定)に対して、ISS長期滞在に向けた訓練及び健康管理を実施。
- ③ 野口、古川、星出、金井各飛行士の技能維持向上訓練及び日常健康管理を実施。



若田宇宙飛行士コマンダー就任式

効果:

(1) 日本人初のISSコマンダー就任

若田宇宙飛行士のISSコマンダー(第39次船長)就任は、若田宇宙飛行士のリーダーシップ、チーム行動能力等の高い資質に加え、機構の有人宇宙技術の水準とその実績に対する国際的信頼の証である。これらISS計画に参加し獲得した技術等の蓄積は、将来の有人宇宙活動に資するだけでなく、地上の技術の発展や我が国の若い世代の希望や自信、我が国の科学技術先進国としての位置づけの維持にも貢献するものである。

コマンダー就任に関しては、NHKスペシャルで特集が生まれ、ケネディ駐日大使がツイッターのフォロワーとなるなどの注目を集めた。

(2) 若田宇宙飛行士のロボットアーム操作による船外活動支援

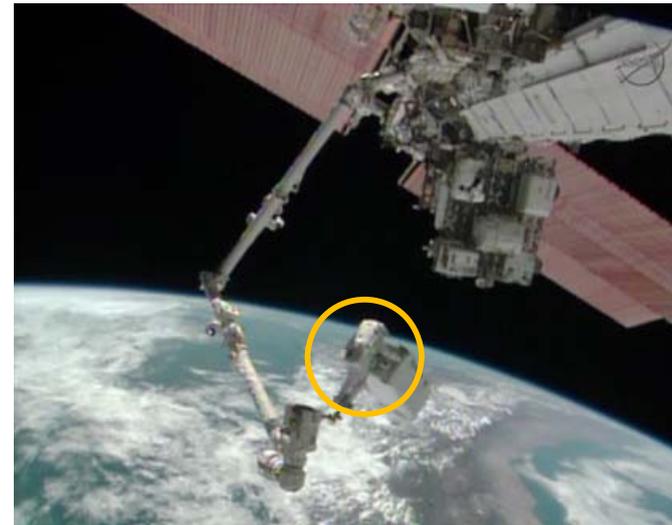
熱制御系ポンプ交換の船外活動(EVA)の支援に際しては、難度の高いロボットアーム操作の確実な実施とEVAクルー、地上要員との効果的な連携、きめ細かいEVA支援についてNASA内外から高い評価を得た。

(若田宇宙飛行士は、過去の宇宙飛行でISS建設の重要なロボットアーム操作を行い、NASA宇宙飛行士ロボットアーム操作の教官を務めている。ロボットアーム操作で若田宇宙飛行士の右に出るものはおらず、難度の高い修理作業を計画することを可能としている。)

(3) 欧州宇宙機関(ESA)地上管制要員に対するJEM訓練

国内外の宇宙飛行士に対してJEM/HTVの訓練を高い品質で継続的に提供することにより、JEM/HTVの安定かつ着実な運用や我が国の国際的信頼の維持につなげた。

JEM訓練インストラクタのインストラクション技術の高さは国際的にも評価されており、ESAからの要請を受けて、ESAの地上管制要員及び訓練インストラクタの技術交流を目的に、JEMの運用訓練を実施した。



船外活動(EVA)を行う米国宇宙飛行士をロボットアームの先端に乗せ、熱制御系ポンプを交換を支援



ロボットアーム操作を行う若田宇宙飛行士



JEMエアロックについて訓練を受ける欧州宇宙機関(ESA)の地上管制員(写真左側の2名)

(b) JEM の利用

- ・ JEM の利用を通じた宇宙環境利用技術の実証・蓄積
- ・ JEM 船内・船外搭載実験装置の開発

実績:

(1) 民生品の宇宙利用

① 超高感度4Kカメラ

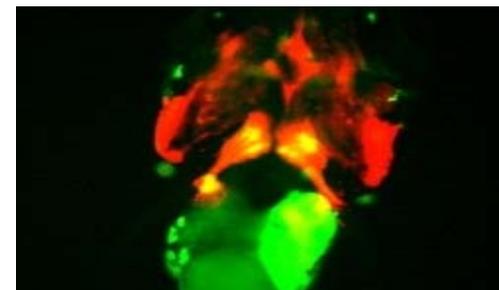
JEMやHTVの開発・運用で培った安全技術や民生品の搭載化技術により、民生用の超高感度4KカメラをHTV4号機で打上げ、軌道上運用を開始。
NHKと共同で、アイソン彗星を含む世界初となる宇宙での高解像度動画撮影に成功した。



超高感度4Kカメラで撮影したアイソン彗星

② 蛍光顕微鏡

民生品の蛍光顕微鏡をHTV4号機で打上げ、軌道上運用を開始。「メダカ骨代謝実験」で、世界で初めて生きたまま、宇宙における破骨・造骨細胞や関連遺伝子の生体内での活性化や時間変化を詳細に観察した。



蛍光顕微鏡で観測したメダカの骨細胞

(2) JEM船内実験装置の開発

① 小動物飼育装置

人工重力環境など他国にない特徴(表1)を活かし、創薬等の産業に繋がる成果の創出、哺乳類の宇宙環境影響等のトップサイエンスの実現を目指す。平成27年度打上げ予定。

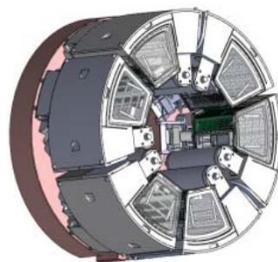
② 静電浮遊炉

伝導体から絶縁体、また低温から高温まで幅広くデータ取得を可能とする他国にない特徴(表2)を活かし、新材料創成等の産業に繋がる成果創出及び民間企業の参加を目指す。HTV5号機で打上げ予定。

表1: JAXA小動物飼育装置の優位性

特徴	NASA ¹	ロシア ²	JAXA
軌道上重力負荷(人工重力環境)	×	×	○
雄マウスの個別飼育	×	○	○
生存回収	×	○	○

- 1)NASAの装置は2014年時点。
NASAは将来に向け上記各項目の実現を検討中。
2)ロシアの装置は無人周回衛星用。



小動物飼育装置

表2: 静電浮遊炉の優位性

試料種類	低温	高温
伝導体 (金属, 合金)	音波浮遊炉(NASA)	電磁浮遊炉(ESA)
絶縁体 (酸化物)	音波浮遊炉(NASA)	静電浮遊炉(JAXA)

(3) JEM船外ミッション機器の開発

① 船外簡易取付機構 (ExHAM)

JEMのエアロックとロボティクスを利用し、宇宙飛行士の船外活動なしに多数の宇宙用材料等の宇宙環境特性を取得するシステムをISSで初めて構築した。民間企業の参加と産業競争力強化への貢献を目指す。1号機を平成26年度に打ち上げ予定。また2号機の製造に着手した。

② 高エネルギー電子・ガンマ線観測装置 (CALET)

高エネルギー帯の分解能に優れるなど他国にない性能により、現在未解明の高エネルギー宇宙線の加速・伝播のメカニズムの解明や、暗黒物質が由来と考えられる高エネルギー電子の観測による暗黒物質の正体解明を目指す。HTV-5号機で打上げ予定。

効果:

(1) 民生品利用によるJEM利用の拡大

小型・高機能で低価格の民生品や最先端の地上技術を短期間のうちに軌道上実験に適用できるようになり、JEMを最大限利用する条件を整えた。超高感度4Kカメラや蛍光顕微鏡などJEM搭載民生品について、NASAなど国際パートナーからも使用希望が寄せられている。

(2) 小動物実験装置を通じた国際協力の拡大

JAXA小動物飼育装置は、地上で広く研究に使用されているオスマウスの個別飼育を可能とし、遠心力により重力を調整した重力影響の比較実験をすることができる世界初の画期的なシステムで、ISS計画参加の国際パートナーが注目している。NASA、ESAから、共同実験の実施、サンプル共有等について強い関心が示されており、ISS全体としての生命科学研究成果創出に向け、国際協力について調整を進めている。

(3) 静電浮遊炉を通じた民間利用の拡大

静電浮遊炉に関し、民間企業から半導体材料の高性能化を目指した地上装置(技術実証用)による熱物性取得の要請があり、データ取得試験を行ったところ企業が期待する結果を得た。今後の地上装置での追加試験及び将来的な軌道上実験の実施について調整している。

(4) ExHAM利用を通じた宇宙曝露実験の拡大

ExHAMの利用公募に民間企業2件、大学1件の応募があった。実験準備中の3つの利用テーマ(アンテナ材料実験、ソーラーセイル材料実験、有機物・微生物の宇宙曝露と宇宙塵・微生物の捕集)を含め、宇宙曝露実験のニーズが拡大した。

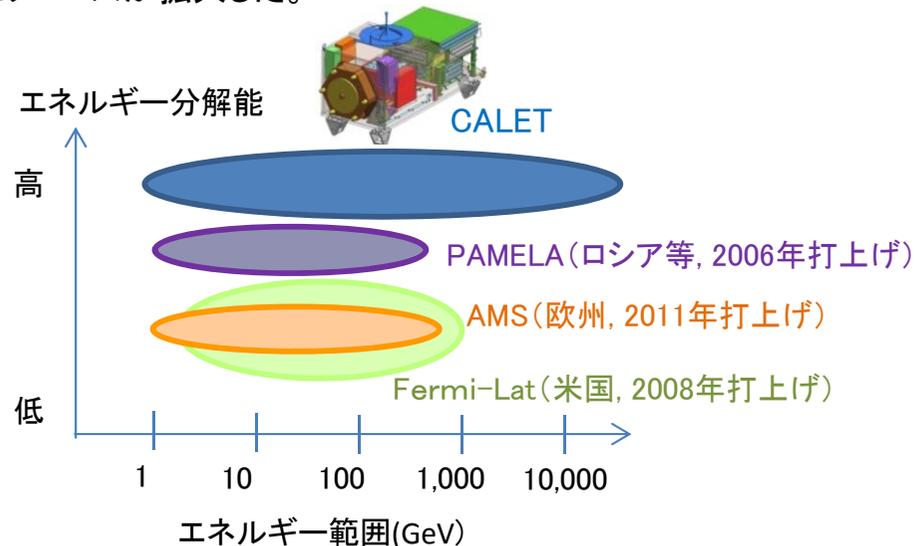
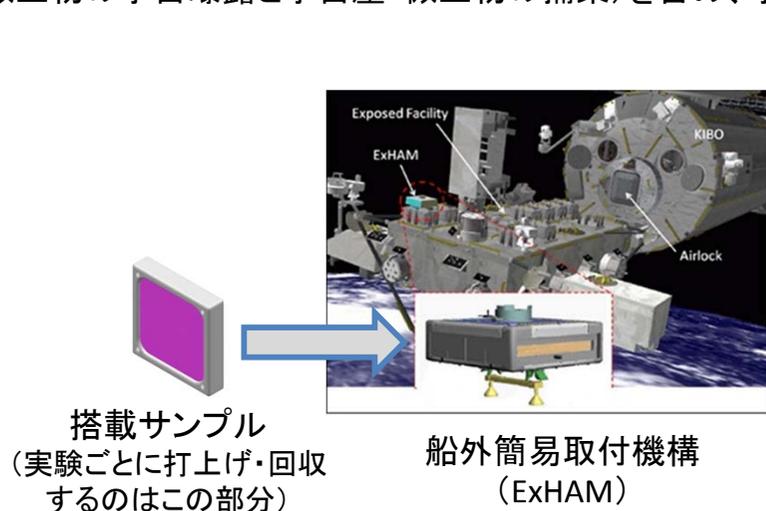


図1 高エネルギー帯の分解能に優れたCALET

- ・ JEM 利用実験の準備、軌道上実験の実施
- ・ ISS運用継続を受けて策定した中長期利用シナリオに基づき、より多くの成果創出に繋がる利用計画の設定
- ・ 生命科学分野、宇宙医学分野及び物質科学分野の組織的研究の推進、タンパク質結晶生成等の有望分野への重点化、並びに世界的な研究成果を上げている我が国有数の研究機関や、大学、学会などのコミュニティとの幅広い連携の強化による、JEM 利用成果の創出

実績:

(1) 軌道上実験の実施

年度当初予定していた30件の実験・観測等を全て実施した。また平成26年4月から軌道上実験を予定していた1件(筋骨格萎縮へのハイブリッド訓練法の効果)を前倒して3月から実験を開始した。

生命科学	宇宙医学	タンパク質	物質科学	船外ミッション	有償利用
<ul style="list-style-type: none"> ・メダカの骨代謝実験2 ・ES細胞の宇宙放射線影響 ・凍結乾燥生殖細胞の宇宙放射線影響 ・細胞の重力感知メカニズム ・茎の形態と微小管動態 ・植物の抗重力反応シグナル応答 ・植物の形を決める重力と植物ホルモン 	<ul style="list-style-type: none"> ・心臓自律神経活動研究 ・前庭・血圧反射系の可塑性とその対策 ・きぼう船内の宇宙放射線計測 ・筋骨格萎縮へのハイブリッド訓練法の効果 	<ul style="list-style-type: none"> ・高品質タンパク質結晶生成実験 －第1期第6回実験 －第2期第1回実験 	<ul style="list-style-type: none"> ・宇宙を使った半導体単結晶製造技術の開発 ・混晶半導体結晶成長モデルの構築 ・不凍タンパク質を用いた氷結晶成長 ・マランゴニ振動流遷移メカニズムの解明 	<ul style="list-style-type: none"> ・超小型衛星放出(米国、ベトナム等の衛星) ・全天X線天体観測(MAXI) ・4K極低温機械式冷凍機の技術データ取得(SMILES) ・宇宙環境計測(SEDA-AP)(6テーマ) ・船外ポート共有実験(MCE)(5テーマ) 	<ul style="list-style-type: none"> ・きぼうロボットプロジェクト(KIROBO)

(2) 有望分野への重点化

宇宙環境の特徴(微小重力、宇宙放射線、閉鎖環境)が与える後天的な遺伝子変異(エピジェネティクス変異)の知見獲得に向けて、戦略的にJEMの利用を重点化した。先端研究組織や民間との共同研究によって、社会課題や産業競争力強化に向けた取り組みを強化した。

(3) JEM利用計画の策定

公的機関との連携や、民間利用の拡大を目指し、JEM利用計画を策定した。これに基づき、国の戦略・最先端研究への組み込みや、民間企業との連携を進めた。

(4) JEM利用の新規参入促進

これまで「きぼう」を利用したことが無い、大学及び企業等に対して、きぼう利用新規参入促進のため、安全要求及び安全設計事例をまとめた「JEMペイロード安全要求解説書」を作成した。

(5) 高品質タンパク質結晶生成実験第2期シリーズの開始

- ① 重点ターゲットの設定: 第1期シリーズの6回の実験を通じ、「結晶品質向上技術」を獲得した。第2期シリーズでは、同技術により成果創出が期待される「水溶性タンパク質」と「一回貫通型膜タンパク質」を最優先ターゲットとし、早期成果創出が期待できる民間企業もしくは民間企業と連携のあるユーザのテーマを重点的に進めた。産業酵素系は、JST等の最先端研究プロジェクトに関連したテーマ(エネルギー生産、酵素を用いた有用物質生産等)を重点的に進めた。
- ② 企業ニーズへの対応強化: 産業化が期待できる企業団体(日本製薬工業協会等)、個別企業との緊密・具体的な対話を通じ「企業ニーズ」の詳細を把握した。また、「企業ニーズ」に適合した「高品質結晶生成技術やプロセス」を、企業にトータルサービスパッケージとして提供した。
- ③ 民間企業の参入を容易化: 技術サポートの強化、知財取扱いでの工夫など、よりきめ細やかなユーザ支援を実施した。また、試行利用(無償)を導入した。

高品質タンパク質結晶生成実験第2期シリーズの位置づけ

第1期(2009~2013年)

- 大学研究者中心の結晶化実験により、高品質結晶生成のための技術開発を実施。
- 約7割以上の確率で地上(重力下)よりも高品質の結晶が生成でき、地上では解明できなかった癌関連タンパク質の構造やタンパク質・薬候補化合物の結合状態が詳細に分かる精密構造データの取得を可能とする技術を獲得。
- 筋ジストロフィーの進行を遅らせる薬候補化合物の開発(動物実験による安全性等確認試験フェーズへの移行)等の成果を創出。

第2期(2013年~)

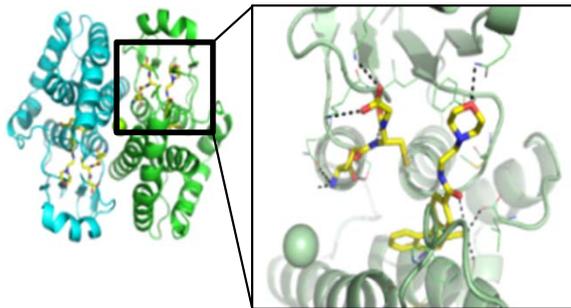
- 重点ターゲットの設定
 - ◆ 創薬系
 - ◆ 産業用酵素系
- 企業ニーズへの対応強化
 - ◆ 企業団体、個別企業との対話
 - ◆ トータルサービスパッケージ提供
- 民間企業の参入を容易化
 - ◆ よりきめ細やかなユーザ支援
 - ◆ 試行利用と有償利用の導入

【宇宙実験の貢献】

- 課題解決
 - ◆ 創薬系
(最適化合物(薬の候補)の探索の効率化)
 - ◆ 産業用酵素系
(機能改変及び人工触媒の開発に向けた機能解明)

臨床試験・応用研究

「きぼう」利用による
社会イノベーションの創出



2013年度末時点で、
製薬企業2社、創薬ベンチャー企業1社、
バイオ企業と連携のある1大学)が参加予定

効果:

(1) 科学技術、産業、社会等に波及効果を及ぼすJEM利用成果の創出

① タンパク質結晶生成

・これまで結晶の品質が悪く構造決定が困難だった抗がん剤耐性型 上皮成長因子(EGF)受容体の高品質結晶の生成に成功し、それを使った立体構造解析の情報をもとに耐性メカニズムを世界で初めて解明し、耐性型EGF受容体にも有効な新たな抗がん剤候補物質が発見された。

② 物質科学

・「宇宙を使った半導体単結晶生成技術の開発」で、将来の高速低消費電力半導体として期待される大型シリコンゲルマニウム基板の製造につながる実験データを得た。この成果は、Journal of Crystal Growth誌に掲載された。

薬物候補化合物の設計への応用例(理化学研究所)



- ゲフィニチブ抗がん剤(商品名イレッサ)に耐性を持つ上皮成長因子(EGF※)受容体の構造を分解能2.7Åで特定し、同受容体の抗がん剤耐性メカニズムを世界で初めて解明した。(地上での研究では分解能が不十分で、構造特定ができなかった。この成果は、Oncogene誌に掲載された。)
- 本構造を用いたバーチャルスクリーニング(コンピュータシミュレーション)により、同受容体に特異的な阻害剤を新たに同定した。

※ 上皮成長因子(Epidermal Growth Factor):細胞の成長と増殖の調整に重要な役割を担うタンパク質

(2) 国の生命科学・医学分野の戦略・最先端研究への組み込み、民間企業との連携の進展

これまでの知見をもとにした高品質なタンパク質結晶を生成できるといったJEMの強みを活かした利用成果の普及と企業ニーズへの対応を強化することや競争的資金を積極的に活用することで、年度計画の設定を超えて国の生命科学・医学分野の戦略・最先端研究への組み込みや、民間企業との連携が進展した。

① 宇宙の微小重力を老化の加速環境に仕立てた「骨・筋減少」課題の研究拠点の設置

- ・ 文部科学省の「COI-T(革新的イノベーション創出プログラム トライアル)」に、順天堂大学、(株)日立製作所、(株)ニッピ、JAXAの「幸福寿命をのばす医療イノベーションー微小重力と宇宙医学の成果を社会に生かし人々に展開ー」が採択された。宇宙医学と地上の医学、スポーツ科学の連携により、加齢に伴い失われた機能を取り戻すための研究を開始した。
- ・ 加齢や有人探査における骨・筋減少の課題に対応するため、筑波大学を中心とした8拠点(東京大、京都大、理化学研究所等)による共同研究体制を構築し、マウスを用いた全身臓器の網羅的遺伝子発現解析の研究を開始した。

② ISSの閉鎖環境での「免疫低下」課題を健康長寿に役立てる民間企業との連携

- ・ 宇宙飛行士の健康管理技術への応用を目指す理化学研究所との共同研究「宇宙環境における免疫・腸内環境のストレス応答メカニズム解明」に加え、(株)ヤクルトとの共同研究「閉鎖微小重力環境下におけるプロバイオティクスの継続摂取による免疫機能及び腸内環境に及ぼす影響の検討」に着手した。国と民間の科学研究の相乗効果により、宇宙滞在への適用を超えて、宇宙医学研究を通じて健康長寿社会に貢献する道筋をつけた。

③ 「高品質タンパク質結晶」生成実験成果に基づく新たな医薬品創出を目指した民間製薬企業との連携

- ・ 高品質タンパク質結晶生成実験の薬剤設計に対する有用性を実証し、第2期シリーズより、民間製薬企業2社の参入を得た。今後の民間による創薬研究プラットフォームとしての利用の可能性を示した。
- ・ 平成26年9月の実験機会を想定した第2回実験公募の結果、2つの民間企業との共同研究契約を締結した。民間企業の参入により早期に産業につながる成果の創出に道筋をつけた。

- ・宇宙科学及び地球観測分野との積極的な連携による、JEM 船外利用の開拓
- ・ISS からの超小型衛星の放出等による技術実証利用の促進

実績:

(1) 常時の全天X線天体観測

- ① 全天X線天体観測 (MAXI)により全天モニター観測を継続した。
- ② 観測データの自動速報処理システムを整備し、突発天体现象速報メーリングリスト (ATEL)に22件、ガンマ線バースト速報ネットワーク (GCN)に8件の速報を発出した。

(2) 超伝導サブミリ派リム放射サウンダ (SMILES)のデータ利用

- ① 後期運用として冷凍機の運転を継続し、ジュール・トムソン冷凍機の冷媒ガスと圧縮機の経時変化データを蓄積した。極低温冷凍機の技術データはASTRO-HやSPICAプロジェクトの冷凍機開発 (信頼性向上や長寿命化)に活かされている。
- ② 大気放射サブミリ波スペクトルのデータ解析を進め、研究コミュニティの他、一般研究者向けにもデータ提供を実施した。大気データ解析の結果、成層圏オゾンの日変化 (一日の時間帯による変化)を検出。長期気候変動を議論する際、観測データの観測時間帯を考慮する必要があることを発見。Journal of Geophysical Research誌に掲載された2件の論文で発表した。

(3) JEMから災害状況を観測

平成25年7月、ISS参加国 (日本、米国、ロシア、欧州、カナダ)は、「国際災害チャータ」などの枠組みを通じて、国際災害支援を行うことを宣言。平成25年8月と11月のフィリピンの洪水災害に際し、機構は「センチネル・アジア」の枠組みを通じて、民生船外用ハイビジョンビデオカメラシステム (COTS HDTV-EF)の画像を提供した。

(4) 超小型衛星放出機構 (J-SSOD)から超小型衛星を放出

機構の超小型衛星放出機構 (J-SSOD)を利用してJEMから超小型衛星4機 (ベトナム衛星センター/東京大学/(株)IHIエアロスペース社の1機、米Nanorack社/NanoSatisfi社の2機、NASAエイムズ研究センターの1機)を放出した。

(5) 船外活動 (EVA) 支援ロボット実証実験 (REX-J) (平成24年7月にHTV3号機により打上げ)を完了

当機構の研究開発本部と連携し、世界初となる、宇宙船外での伸展式ロボットアームとテザーを用いたロボット移動技術を実証した。

効果:

(1) MAXIによる天文学・天体物理学の発展

- ① 新星爆発初期の「火の玉」からの軟X線閃光の観測成果が、Astrophysics Journal誌に掲載された。観測から予測される白色矮星の質量は、従来の理論予測を超えるため、広く天文学に影響を与えた。
- ② ガンマ線バーストとしては地球近傍 (38億光年)で発生した巨大なガンマ線の観測成果が、Science誌に掲載された。標準的なガンマ線放射モデルに疑問を投げかける観測で、これまでの理論を覆す新たな知見を与えた。

(2) ISSによる災害監視利用の拡大

- ① 平成25年8月のフィリピン洪水災害において、被災後のマニラ近郊は曇天であったが、HDTV-EFの特徴である動画撮影により、光の照り返しを観測し、マニラ観測所に洪水地域の情報を提供した。
- ② 平成25年11月のフィリピン洪水災害においては、ASEAN防災人道支援調整センター及びフィリピン気象庁等に陸域と水域を識別できる画像データを提供した。

(3) JEMの利用価値の拡大

JEMのエアロックとロボットアームを利用した超小型衛星の放出ミッションが定着した。ベトナムの超小型衛星を含む合計37機がJEMから放出され、ISS全体の価値と日本のプレゼンスの向上に繋がった。従来の大型ロケット等で打ち上げられる超小型衛星に比べて、打上げの振動負荷などを緩和できるもので、日本が提案・実証した「ISSに輸送、保管、自在な放出」による衛星軌道投入は、国際的に新たな打上げ形態と、衛星の開発技術の実証方法を創出した。

(4) 日本のロボットアーム技術、テザー技術の発展に貢献

REX-Jの技術は、大型建造物の周囲を自在に移動し、大型建造物の組立・保守を行うロボットに応用可能。REX-Jによる世界初のロボット技術の宇宙実証は、日本機械学会の平成25年度宇宙工学部門一般表彰「スペースフロンティア」を受賞した。(イプシロンと合同受賞)

・ アジア諸国の相互の利益にかなうJEM の利用等による国際協力の推進

実績:

(1) JEMからのベトナム超小型衛星放出

ベトナム衛星センター／東京大学／(株)IHIエアロスペース社が共同開発した超小型衛星”PicoDragon”をISSから放出した。

(2) Kibo-ABCイニシアティブ(アジア地域のJEM利用の促進を目的とし、APRSAF宇宙環境利用WGの下、平成24年度より開始。)

① 植物成長観察地上対照簡易実験(SSAF 2013)を実施し、地上対照実験に、8ヶ国(インドネシア、タイ、マレーシア、フィリピン、ベトナム、オーストラリア、ニュージーランド、日本)、1,300名以上の学生、教員が参加した。

② 軌道上で、若田宇宙飛行士が、Asia “Try Zero G”公募型簡易実験デモンストレーションとして、オーストラリアとマレーシアのテーマ(水とストローを使った毛細管現象、紙筒を回転させるベルヌーイの定理に関する実験等)を実施した。

効果:

(1) ベトナムの超小型衛星放出“PicoDragon”をJEMから放出した結果を受け、マレーシアが超小型衛星の開発に関心を有している。タイ、インドネシアは既に設計・開発を開始している。

(2) 機構主催のSSAFのノウハウを利用し、マレーシア国立宇宙局(ANGKASA)が自国で種子成長観察コンテスト”MASS 2013”を開催し、39,000名が参加。このことは、マレーシア(ANGKASA)の宇宙環境利用の促進や宇宙教育計画を後押しし、同国の親日ムードを高めることにも貢献した。なお、マレーシアはJEMにおける第2回タンパク質実験の実施を検討中。



Kibo-ABCワークショップ@ベトナム



植物成長観察実験



ベトナムの超小型衛星放出

イ. 宇宙ステーション補給機 (HTV) の運用

ISS 共通システム運用経費の我が国の分担義務に相応する物資及びJEM運用・利用に必要な物資を着実に輸送・補給することを目的として、以下を安全・着実に進行。

・ HTV4 号機の打上げ及び運用

実績:

HTV4号機は、8月4日の打上げから9月7日の大気圏再突入までの36日間、要求された全ミッションを完遂した。

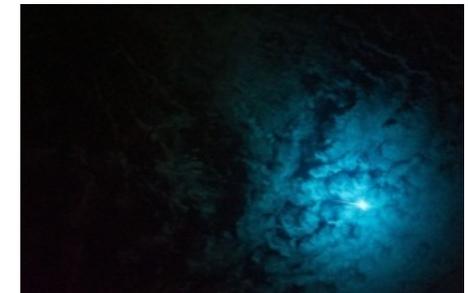
- (1) 計画されたすべての物資の補給 (船内物資3.9トン、船外物資1.5トン)、並びにISS不要物資の廃棄 (船内物資2.7トン、船外物資1トン) を達成。搭乗員の生活物資、実験装置の他、ISSシステム補用品、大量の飲料水 (480ℓ) 等、ISSの維持・運用に不可欠な物資を確実に輸送した。
- (2) ISSから分離・離脱したHTV4号機を再突入させ、あらかじめ設定した着水予定域内に安全に海上投棄した。
- (3) こうのとりの4号機の打上・ドッキング・帰還について、安全審査を行い、安全審査での指摘が打上げまでに全て処置され、確実なミッションの達成に寄与した。

効果:

- (1) 確実な物資輸送の継続によるISSの安定した運用への貢献およびISSプログラムでの我が国のプレゼンスの維持・向上
 - ① 初号機から4機連続で定時発射・定時到着を達成
時間単位で管理されるISS作業計画に支障をきたすことなく円滑な補給運用を実現した。
また、打上げ延期による経費の増加 (1日あたり数千万円規模) を防いだ。
 - ② 我が国の技術力の高さの証となる安定した運用は、国際共同パートナーからのさらなる信頼を獲得。
- (2) ユーザの利便性向上と物資輸送計画への柔軟な対応の実現、および新規JEMユーザ獲得の可能性を創出
 - ① 打上げ直前に搭載できる貨物の最大質量 (3号機比2.5倍)・サイズ (同約2倍) を増加した。
(最大質量: 20kg⇒50kg、サイズ: 50x43x50cm⇒90x51x54cm)
搭載個数 (打上げ10日前に80個)・最終搭載可能時期 (打上げ3日前) とともに世界最高水準の利便性。
(米国ドラゴン: 打上げ10日前10個、米国シグナス: 同14個、欧州ATV: 最終搭載打上げ3週間前)
 - ② 唯一の大型船外物資輸送手段である長所を生かし、4号機にて船外実験機器の廃棄を初めて実施
HTVでなければできないミッションを遂行。今後のJEM船外実験プラットフォームの効果的運用に寄与。
 - ③ 保冷ボックスにて実験試料等を低温環境下でISSに輸送できることを実証
新たな実験ミッションによるJEMの利用を拡大した。



HTV4号機 (ISS結合状態)



再突入時のISSからの光学観測
(正確な予測により撮影可能となった)

(3) 将来の宇宙技術の発展に資する技術データ取得および技術の飛行実証機会の提供

① 再突入データ計測

再突入データ収集装置による技術データ取得に加え、ISSからの光学観測による画像データを取得した。

大気圏再突入時において、これまでは安全のために広く地上落下分散域を設定していたが、破壊高度の実績データを取得したことで地上落下分散域の絞り込みに繋げられる見込みである。この実績データは、宇宙機の再突入技術の向上という形で宇宙ゴミの低減に寄与する。

② 機体表面電位計測

機体表面に電位計測センサを新たに搭載し、ISS係留前後のHTV表面電位変化、HTV表面電位の船外活動等への影響有無を調べるためのデータ取得を実施。軌道上大型構造物の接近・係留に伴う電位変化情報データの取得は世界初であり、技術的価値についてNASAも強い関心を示し、データ評価や今後の計画検討にて継続的に情報交換を実施した。

(4) 継続的な効率化の取り組み

① HTV3号機から太陽電池パネル枚数の1枚削減を実現。

② 一部点検作業の省略等により、HTV3号機から射場整備作業の9日間短縮を達成した。

③ JEM運用体制との連携により、ISSとの結合期間における運用体制を極限まで縮小(1名体制)。

(5) 米国民間ISS補給機「シグナス」初号機の成功に貢献

「シグナス」は、昨年9～10月に試験機、本年1～2月に運用1号機の打上げ・運用をいずれも成功。

本補給機はHTVで開発したISS近傍での通信システムを採用しており、国産機器を搭載している他、

ISSとの結合およびISSからの離脱時にはNASAからの受託契約により運用支援を実施し、成功に大きく貢献した。



ロボットアームにより捕獲された米国民間ISS補給機「シグナス」

・ HTV5号機以降の機体の製作及び打上げ用H-IIB ロケットの準備並びに物資の搭載に向けた調整

実績:

ISS全体の物資輸送計画と調整を図りつつ、準備作業を実施した。

(1) 平成26年度以降の打上げおよび運用に向け、計画通りHTV5,6号機の製作を実施

より一層の効率化に向け、太陽電池パネルの更なる削減、射場整備作業のより一層の簡素化等の取り組みを実施。

(2) 打上げ輸送サービス契約に即し、HTV5,6号機用H-IIBロケットの調達を実施

(3) 物資の搭載に向けた調整

① 船内貨物は、HTV5号機ではユーザ利便性の向上として打上げ直前に搭載する貨物の制限重量のさらなる緩和(50kg⇒70kg)や貨物への電力供給機能の付加等を行うこととした。

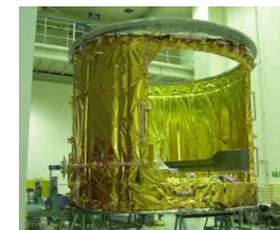
② 船外貨物はHTV5号機はNASA実験機器1式、JAXA実験機器1式を輸送する計画とした。

③ HTV5,6号機でも、将来に有益な技術データを取得する追加実験を実施することで準備した。

(4) 運用管制隊員の新人育成および実運用に向けた訓練を実施

効果:

(1) 計画的な機体調達を継続することにより、宇宙開発関連機器製造企業の産業育成に貢献した。



非与圧モジュール



推進モジュール

HTV5号機製造状況

②将来的な有人宇宙活動

中期計画記載事項:国際協力を前提として実施される有人宇宙活動について、外交・安全保障、産業基盤の維持及び産業競争力の強化、科学技術等の様々な側面から行われる政府の検討に協力する。

国際協力を前提として実施される有人宇宙活動について、外交・安全保障、産業基盤の維持及び産業競争力の強化、科学技術等の様々な側面から行われる政府の検討に協力する。

(1) 第1回 国際宇宙探査フォーラム(ISEF)に向けた支援

実績:

- ① 14の宇宙機関で構成される国際宇宙探査協働グループ(ISECG)において、機構が作成を主導した国際宇宙探査ロードマップ(GER)や宇宙探査の社会的便益について、これらの考え方・内容を政府に説明し、理解を得た。
- ② ISEFに向けての国内作業としては、宇宙戦略室との意見交換を踏まえつつ、ISSでの知見をもとに日本としての国際宇宙探査を実行する意義や技術獲得シナリオの提案をまとめることで政府の検討に協力した。

効果:

- ① GERがISEFに参加した35の国や機関に評価され、GERを支持することがフォーラム・サマリーに明示された。
- ② ISECGの議長を機構が務めたこと、また、「第2回 国際宇宙探査フォーラム」の主催国となることで、ISS計画における着実な活動を含め、日本の宇宙開発におけるプレゼンスを参加各国に示すことができた。

評価結果	評定理由(総括)
<p style="font-size: 2em; font-weight: bold;">S</p>	<p>年度計画で設定した業務を全て実施し、中期計画の達成に向け順調に推移している。更に、以下のとおり、年度計画を上回る優れた成果をあげた。</p> <p>平成25年度は日本実験棟「きぼう」(JEM)の24時間365日連続運用と、「こうのとり」(HTV)4号機による着実な補給物資輸送により、国際宇宙ステーション(ISS)計画における日本の責務を確実に果たすことで国際的な協調関係を強化するとともに、JEMを最大限利用する条件と能力を整えることで民間企業からの利用要望が増加した。主な実績は以下のとおり。</p> <p>【JEMの運用・利用】</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 我が国の有人宇宙関連技術が着実に向上し、日本人初となる若田飛行士のISSコマンダー(第39次船長)就任という形で現れた。また、宇宙探査に係る政策レベルの多極間協議の場である「国際宇宙探査フォーラム」の第二回目を日本で開催することとなったのも、ISS計画における着実な活動の結果として国際的信頼の高さを示している。 ◆ JEMの運用・利用の進展に伴いJEMの強みを活かせる利用方法が明確になり、その知見をもとに企業ニーズへの対応を強化した。その結果、年度計画の設定を超えて民間企業との連携が進展した。具体的な事例は以下のとおり。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 宇宙の微小重力を老化の加速環境に仕立てた「骨・筋減少」課題の研究拠点の設置 ・ ISSの閉鎖環境での「免疫低下」課題を健康長寿に役立てる民間企業との連携 ・ 「高品質タンパク質結晶」生成実験成果※に基づく新たな医薬品創出を目指した民間製薬企業との連携 <ul style="list-style-type: none"> ※これまで結晶の品質が悪く構造決定が困難だった抗がん剤耐性型 上皮成長因子受容体(細胞の成長と増殖の調整に重要な役割を担うタンパク質)の高品質結晶の生成に成功し、それを使った立体構造解析の情報をもとに耐性メカニズムを世界で初めて解明し、新たな抗がん剤候補物質が発見された。 ◆ エアロックとロボットアームを組み合わせたJEMのユニークな特徴を活かした新たな利用方法の提供を進め、超小型衛星の放出ミッションを定着させた。平成25年度に放出した超小型衛星は37機となり、前年度の5機から大幅に増加させた。 ◆ 小型・高機能かつ低価格の民生品や最先端の地上民生技術を短期間のうちに軌道上実験に適用できるようになり、JEMの利用価値を高めた(例えば、超高感度4Kカメラは、準備開始後3ヵ月で宇宙仕様への改修作業を完了した。従来、改修作業が1年かかるのを短期化し、HTV4号機での輸送に間に合わせることで、アイソン彗星の撮影を可能とした。) ◆ ISS運用に支障を与えないよう配慮しながら、運用管制要員の削減や宇宙飛行士訓練の効率化等により、継続的にJEM運用経費を削減した(平成24年度比の削減額は3億円、JEMの本格運用を開始した平成22年度比の削減額は9億円)。 <p>【HTVの運用】</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ HTVの打上げ直前貨物搭載量を更に向上させ(従来比容積の2倍)、HTV4号機による物資補給ミッションを完遂した。 ◆ 大気圏再突入時に、これまでは安全のために広く地上落下分散域を設定していたが、破壊高度の実績データ取得と解析の結果、地上落下分散域を絞り込める見通しを得た。

I.2.(3) 宇宙太陽光発電研究開発プログラム

平成25年度 内部評価 A

中期計画記載事項: 我が国のエネルギー需給見通しや将来の新エネルギー開発の必要性に鑑み、無線による送受電技術等を中心に研究を着実に進める。

財団法人宇宙システム開発利用機構との連携の下で実施予定の地上マイクロ波電力伝送実験に向けてマイクロ波ビーム方向制御装置の基本設計を完了させ、詳細設計及び製作・試験へ移行する。
また、レーザー伝送技術、大型構造物組立技術などの研究を行う。

実績:

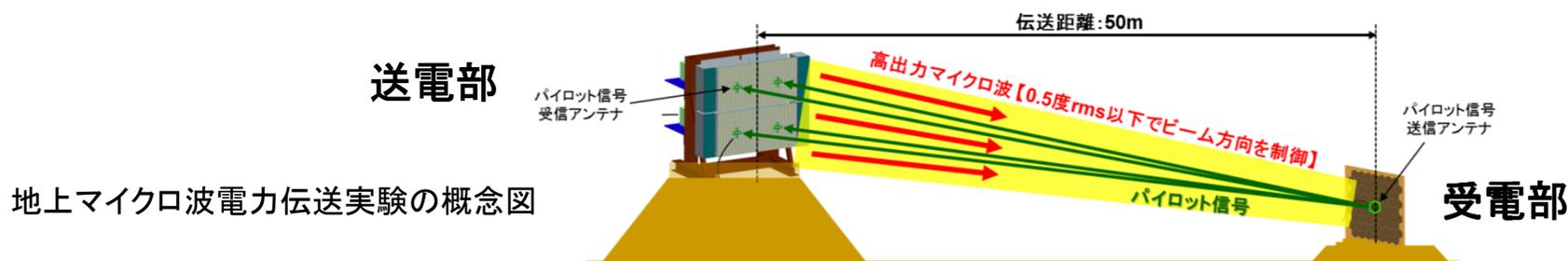
- ① マイクロ波ビーム方向制御装置について、基本設計を完了させ、さらに平成26年2月に詳細設計を完了した。現在、地上マイクロ波電力伝送実験に向け、製作・試験を実施中。
振幅モノパルス方式^{※1}及び素子電界ベクトル回転法^{※2}を適用したビーム方向制御方式により、ビーム方向制御精度 0.5度rms以下の要求に対し、設計値として0.4度rms以下を達成。
- ② レーザー伝送技術については、高塔を使用した鉛直方向での伝送実験に向け装置を試作中。大型構造物組立技術については、展開トラス組立技術(ドッキング技術)の地上実験に向け装置を試作中。
^{※1:}送電部にあるパイロット受信アンテナにてパイロット信号の到来方向を検出し、送電パネルから放射する送電マイクロ波を受電部へ向ける技術
^{※2:}送電部の基準面/基準位置からのずれを補正するため、送電部の移相器の位相を0~360度まで変化させ、受電部での合成電界が最大となる時の位相が最適値と判断し移相器を設定する技術

効果:

マイクロ波及びレーザーによる地上電力伝送実験により、無線送受電技術の有効性を社会に示し、イノベーションにつなげる。

その他:

宇宙基本計画にて、将来の宇宙開発利用の可能性を追求する3つのプログラムの中の1つとして位置付け。



評価結果	評定理由(総括)
A	<p>年度計画で設定した業務をすべて実施し、中期計画を達成に向け順調に推移している。</p> <ul style="list-style-type: none">● マイクロ波ビーム方向制御装置について基本設計を完了させ、さらに平成26年2月に詳細設計を完了した。振幅モノパルス方式及び素子電界ベクトル回転法を駆使したビーム方向制御精度について設計検討にて目標(0.5度rms)以下の設計値0.4度rms以下を達成した。● レーザー伝送技術、大型構造物組立技術についても、計画どおり研究を推進中。 <p>平成26年度のマイクロ波及びレーザーによる地上実験によって無線送受電技術の有効性を社会に示すことで、スピンオフによる早期の社会還元が期待される。</p>