

# 地球低軌道における2025年以降の有人宇宙活動の在り方に係るオプション整理に向けた検討状況

令和2年2月18日

文部科学省研究開発局

宇宙開発利用課 宇宙利用推進室



文部科学省

MEXT

MINISTRY OF EDUCATION,  
CULTURE, SPORTS,  
SCIENCE AND TECHNOLOGY-JAPAN

## 【背景】

- 国際宇宙ステーション（ISS）については、少なくとも2024年まで運用を継続することが、ISS参加極間で合意されている。
- 『宇宙基本計画工程表(令和元年度改訂)(令和元年12月13日宇宙開発戦略本部決定)』において、2019年度末までの取組として「低軌道における2025年以降の我が国の有人宇宙活動の在り方について、各国の検討状況も注視しつつ、オプションを整理する」  
2020年度以降の取組として「低軌道における2025年以降の我が国の有人宇宙活動の在り方について、各国の検討状況も注視しつつ、具体的に検討を進める」と明記されたところ。
- これを踏まえ、現在、文部科学省では「宇宙開発利用部会国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会」において、ISSを含む地球低軌道の在り方に関して、長期的展望、留意事項、オプションの考え方について議論を進めているところ。
- 2025年以降のISS運用延長に関する各国の議論について、米国では、議会上院で2030年までの、また下院では少なくとも2028年までISSを運用延長することを含めた法案が提出され、審議が継続されている。また、欧州では、2019年11月末に開催された欧州宇宙機関閣僚級会合において、2030年までのISS運用延長の方針を決定しており、米欧は、ISSを継続して運用・利用する方向性を示している。また中国は、2022年までの独自の宇宙ステーションの完成を目指して、計画を進めている。

## 【主要な論点】

### ➤地球低軌道の長期的展望

- 我が国の国際的なプレゼンスの確保
- 新たな知の創出
- 月・月以遠探査に向けた宇宙実証の場、ならびに軌道間輸送の中継拠点
- ISS等で培った技術の発展的継承、及び宇宙活動に携わる人材の継続的育成
- 新たなビジネス・サービスの創出、産業振興

### ➤ISSを含む地球低軌道での活動の成果と今後の需要 (国による需要喚起やニーズ把握の進め方を含む)

### ➤地球低軌道における宇宙システム・インフラの維持・運営、利用に関する留意点

### ➤官民連携の在り方

### ➤国際宇宙探査との関係

## 1. 米国での議論（NASA新授権法案）

【**米国議会上院案**（2019年11月6日提出、同11月13日 商業・科学・輸送委員会通過）】

- 地球低軌道における有人活動プレゼンスの重要性を強調、その中でもISSは経済・産業発展の観点でクリティカル要素と位置づけ。
- ISS運用を**2024年から2030年まで延長**。地球低軌道における頑健な商業セクター活動を奨励。

【**米国議会上院案**（2020年1月24日提出、同1月29日 宇宙航空小委員会通過）】

- 前提条件つき※でISS運用を**2024年から最低2028年まで延長**。
- 法案制定後120日以内に、2028年までの延長時の技術的課題やISS代替となりうる商業宇宙ステーションの可能性を議会に報告するようNASAに要請。

※運用継続により安全のリスクが増加しない、もしくは代替可能な低軌道プラットフォームへの移行が実現できない場合

## 2. 欧州での議論（欧州宇宙機関(ESA) 2019年閣僚級会合）

- 日程・場所：2019/11/27, 28 於：スペイン・セビリア
- 参加国：ESA加盟国(22ヶ国)、準加盟国(スロベニア)、協力国(カナダ)
- 議題：主要プロジェクトの計画と今後3年間の予算
- プレスリリース発表より：**ISSについて、2030年までの取組みを続ける。**

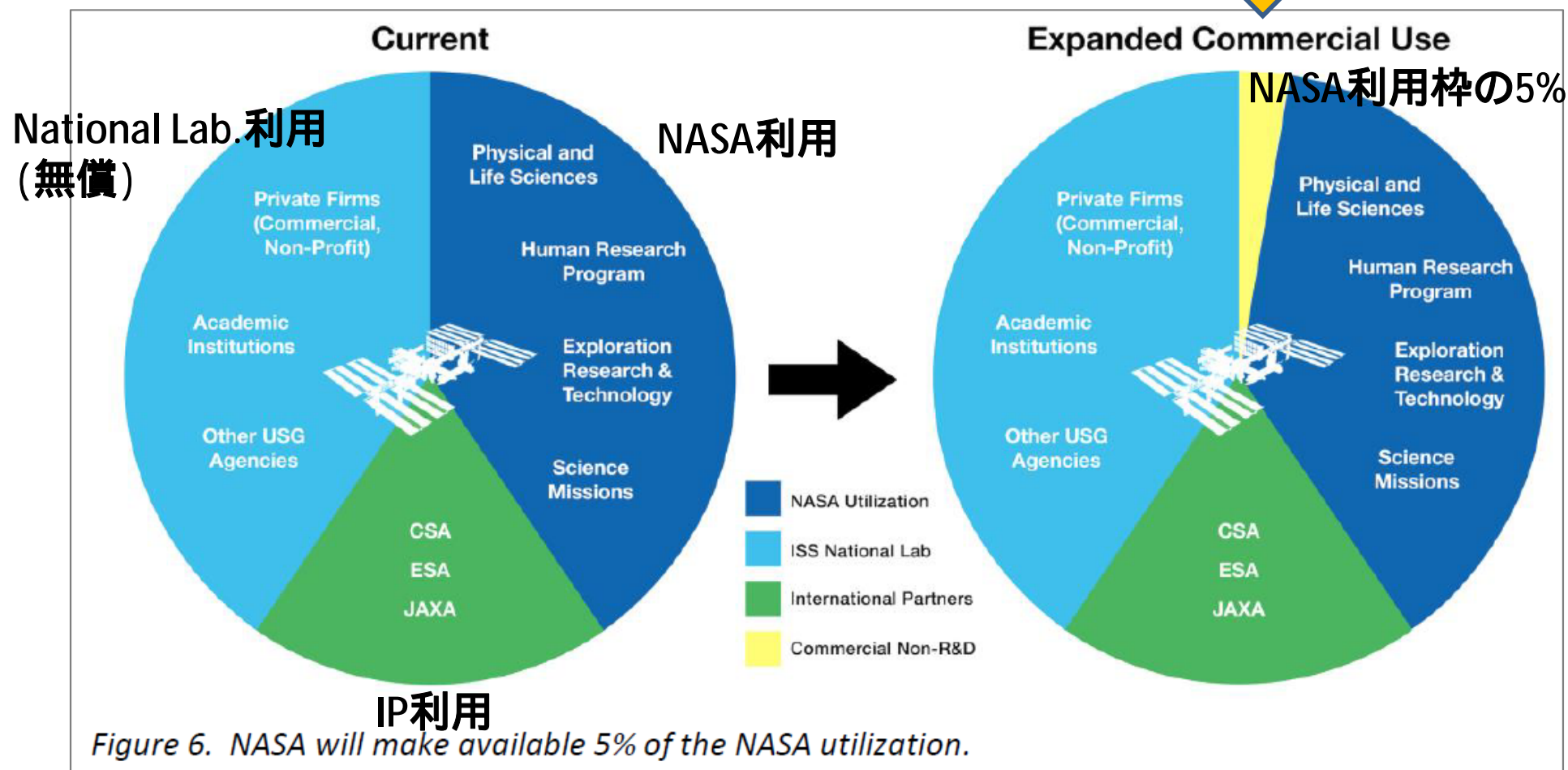
# NASA商業利用方針

NASAはLEOにおける需要拡大のため、商業利用(有償)に係る方針を2019年6月に発表。

商業利用(有償)



- ・米国企業向けに低料金設定
- ・1企業あたりの利用上限あり



(出展: NASA Plan for Commercial LEO Development, June 7, 2019)

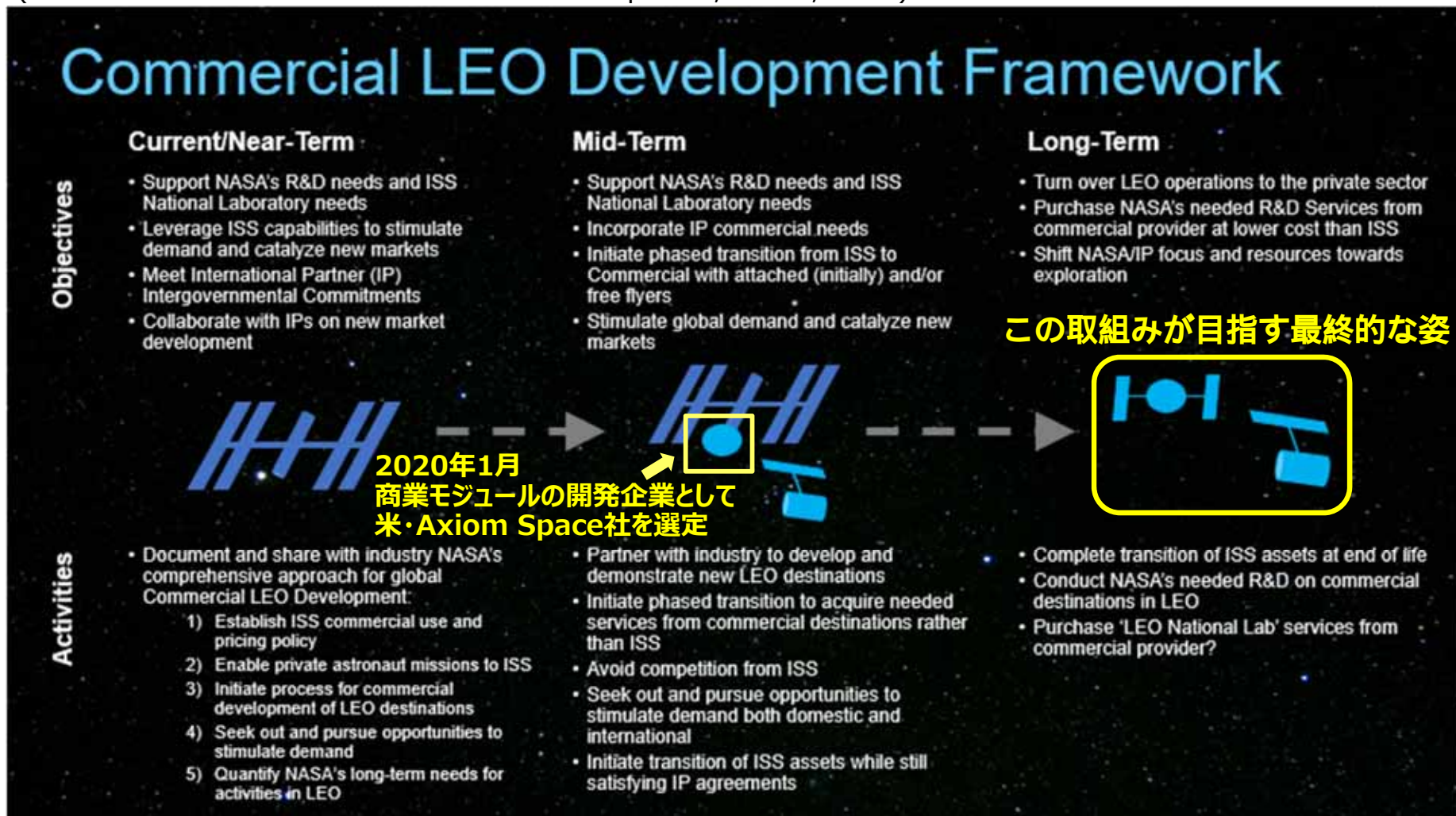
[https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/commeleodevt\\_plan\\_6-7-19\\_final1.pdf](https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/commeleodevt_plan_6-7-19_final1.pdf)

(1) NASAは、地球低軌道(LEO)を商業活動の場として発展させることを目指して、官民パートナーシップ締結に向けた提案募集を検討中。

(2) この取組みの最終目的は以下。

- ① フリーフライヤー（製品及びサービス）を実証し、LEO商業市場を開発すること。
- ② NASAが一顧客として機能するような、長期的で持続可能なLEO商業有人活動計画を立案すること。

(出典：NASA Plan for Commercial LEO Development, June7, 2019)



## 1. 背景

- ISS・「きぼう」での20年以上に及ぶ宇宙環境利用実験で、知見と実験技術を蓄積してきた（優位性）。
- このうち、超小型衛星放出等の利用が成熟してきたものは民間への事業開放を推進している。
- 昨今では非研究開発分野（衣食住、エンタメ、教育等）をも対象とし、民間アイデア主導による事業共創の活動も開始（J-SPARC/LEO）。更なる利用拡大と民間活動の推進を図っている。
- 環境の変化として、米国はISSの商業化へと舵を切り始めた(米国のISS/LEO商業化政策発表(6/7))。
- 現実的な制約として、ISS・「きぼう」もいつかは設計寿命を迎える。

## 2. 目的

- 宇宙環境利用実験を含む地球低軌道活動の機会を継続的に確保するとともに、新たな利用拡大を目指し、多くの民間企業等の参画を促進
- ISS/「きぼう」に代わり、宇宙環境利用実験を含む地球低軌道活動を、持続的・自立的な事業として成立させることを検討
- 需要（利用）及び供給（サービス提供）について、広く意見を求め、その実現性検討を行うための意見募集〈本RFI：10/4～11/29〉**

## 3. 依頼内容

### (1) 要求に関するご意見・情報のご提供

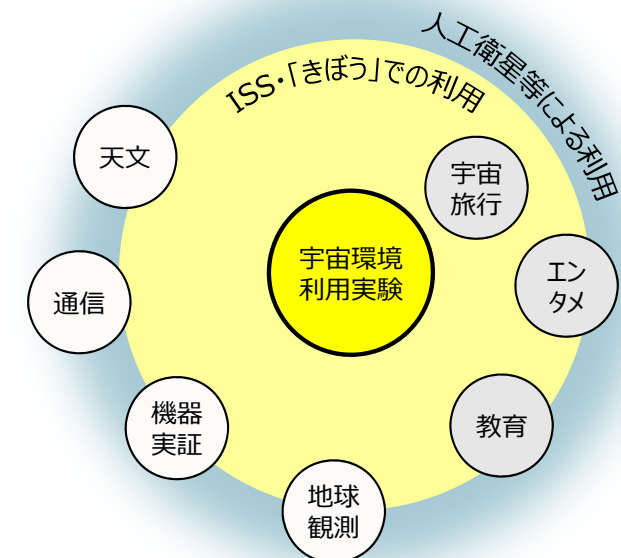
JAXAからご提示させていただく宇宙環境利用実験・回収サービス要求に対するご意見（変更提案等）。

### (2) 実験および回収手段を提供するシステムに関するご意見・情報のご提供

システム案と、そのシステム成立性の見通し、システムを構成する要素に関する情報、システム実現のための課題・障壁と、JAXAへの開発・実証のご要望

### (3) 持続的・自立的な事業の成立に向けたご意見・情報のご提供

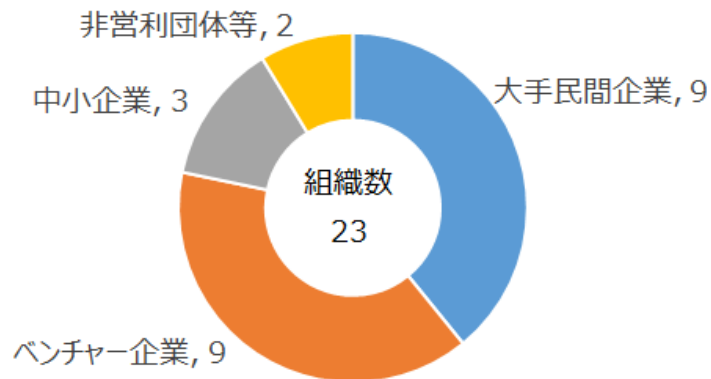
持続的・自立的な事業として成立させるための課題や障壁、国・JAXAに対する支援や制度等に関するご要望



### 「地球低軌道活動」について

本RFIでは、ISS・「きぼう」で実施してきた宇宙環境利用実験をコアとしつつ、昨今、拡大しつつある多様な利用形態を考える。

提案組織数23、情報提供書数27件と、多くのご意見・情報提供を頂いた。



**提案組織**

(1)	<b>利用要求に関するご意見・情報のご提供</b>	
(ア)	JAXAが想定している宇宙環境利用実験の要求に対するご意見	14
(イ)	上記以外の利用ニーズ・アイデアに関するご意見・情報・ご提案等	20
(2)	<b>システムに関するご意見・情報のご提供</b>	
(ア)	システム案と、そのシステム成立性の見通し	22
(イ)	システムを構成する要素に関する情報	22
(ウ)	システム実現のための課題・障壁と、JAXAへの開発・実証のご要望	24
(3)	<b>持続的・自立的な事業の成立に向けたご意見・情報のご提供</b>	
(ア)	持続的・自立的な事業として成立させるための課題や障壁、国・JAXAに対する支援や制度等に関するご要望	25
(4)	<b>その他</b>	12

**情報提供項目**

(複数頂いた意見：上位順)

- 官需によるアンカーテナンシーが必要（投資の呼び込みに効果的）【14件/27件】
- 回収・帰還技術を提供して欲しい（HTV搭載小型回収カプセル等）【9件/27件】
- リスク対応支援（第三者損害賠償請求（活動法）対応等）
- 商業宇宙旅行ニーズへの対応・議論【利用ニーズ】
- JAXAの技術移転・支援が必要
- 安全要求・設計基準類の緩和
- エンターテインメント利用の取り込み【利用ニーズ】
- 企業間連携の促進をして欲しい



# 参 考

年度	平成27年度 (2015年度)	平成28年度 (2016年度)	平成29年度 (2017年度)	平成30年度 (2018年度)	平成31/ 令和元年度 (2019年度)	令和2年度 (2020年度)	令和3年度 (2021年度)	令和4年度 (2022年度)	令和5年度 (2023年度)	令和6年度 (2024年度)	令和7年度 以降
26 国際宇宙ステーション計画を含む有人宇宙活動	日本実験棟「きぼう」の運用・利用 [文部科学省]										
	国際宇宙ステーション(ISS)の共通運用経費への対応 ・宇宙ステーション補給機「こうのとりの運用 ・将来への波及性の高い技術 [文部科学省]										
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>▲ 打上げ (HTV5号機)</span> <span>▲ 打上げ (HTV6号機)</span> <span>▲ 打上げ (HTV7号機)</span> <span>▲ 打上げ (HTV8号機)</span> <span>▲ 打上げ (HTV9号機)</span> </div>										
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>HTV - Xの開発</p> <p>概念設計・基本設計</p> <p>詳細設計</p> <p>PFM(1号機)製作・試験・維持設計</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>HTV - Xの運用(3機)</p> <p>▲ 打上げ (1号機)</p> <p>▲ 打上げ (2号機)</p> <p>3号機はGateway補給への変更を検討中</p> <p>FM(2号機)製作・試験・維持設計</p> </div> </div>										
	日米オープン・プラットフォーム・パートナーシップ・プログラム(JP-US OP3)の推進										
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 40%;"> <p>HTV: 宇宙ステーション補給機「こうのとりの運用」</p> <p>HTV-X: 新型宇宙ステーション補給機</p> </div> <div style="width: 40%;"> <p>低軌道における有人宇宙活動の在り方の整理</p> <p>具体的検討</p> </div> </div>											
(参考) 国際宇宙探査											

## 26 国際宇宙ステーション計画を含む有人宇宙活動

### 成果目標

【基盤】 将来の人類の活動領域の拡大へ寄与すると共に、技術蓄積や民間利用拡大を戦略的に実施し、費用対効果を向上させつつ、引き続き我が国の宇宙分野での国際的な発言力を維持する。  
2021年以降2024年までのISS延長への参加の是非及びその形態の在り方については、様々な側面から総合的に検討を行い、2016年度末までに結論を得る。

### 2019年度末までの達成状況・実績

- JP-US OP3に基づき、ISSの利活用の促進、成果最大化に向けて共同ワークショップを継続的に開催するとともに、マウス実験のサンプル交換、**静電浮遊炉実験の機会提供**など協力を拡大している。
- 「きぼう」利用の民間開放として超小型衛星放出事業、「きぼう」船外利用の民間事業者を選定した。さらに**地球低軌道**において民間企業による持続的・自立的な事業として展開されるよう、民間企業に対して将来想定される**需要(利用)及び供給(サービス)**についての**情報提供要請(RFI)**を実施。
- 宇宙ステーション補給機「こうのとり」8号機では、ISSの運用・利用に必要な不可欠な交換用リチウムイオンバッテリーや**光通信実証装置等の補給・輸送**を行い、ISSパートナーとしての義務を確実に履行した。
- HTV-Xは将来の宇宙技術・システムへの波及性・発展性を念頭に**詳細設計、PFM製作・試験を実施中**。
- **低軌道における2025年以降の我が国の有人宇宙活動の在り方について、各国の検討状況も注視しつつ、オプションを整理する。**

### 2020年度以降の取組

- 日本実験棟「きぼう」の運用・利用及び宇宙ステーション補給機「こうのとり」の運用を着実に実施すると共に、アジアをはじめとする海外の利用強化を含むJP-US OP3の推進、民間事業者の参画、国際宇宙探査に向けた技術実証(軌道上実証)を進め、ISSの成果最大化を図る。
- **ISS運用終了後を見据えて、地球低軌道での宇宙活動が民間主体で自立的に継続されるよう、需要を喚起しつつ、利用・運用技術の民間移管や、無人化・自動化を促進させるための取組を進める。**
- 将来の宇宙技術・宇宙システムへの波及性・発展性を考慮しつつ、ISSへの輸送能力・運用性を向上し、費用対効果を最大化するHTV-Xの開発を着実に進め、2021年度の1号機打上げに向けて**詳細設計及びPFMの製作・試験を継続する。**
- **低軌道における2025年以降の我が国の有人宇宙活動の在り方について、各国の検討状況も注視しつつ、具体的に検討を進める。**

## (国際協力)

- 成果** 最大規模の国際プログラムにおいて、必要不可欠なメンバーとしての立ち位置を確保。
- 成果** 「日米オープン・プラットフォーム・パートナーシップ・プログラム」(2015年)において、ISSにおける日米協力は、政治的・戦略的・外交的重要性を踏まえた二国間協力の目に見える象徴であり、互恵的なパートナーシップを実証し続けていることを確認。
- 教訓** 国際宇宙探査に参画するに当たり、日本が構築・運用等に欠かせない重要な役割を担うなど存在感を持って参画することが重要であり、必要な技術の実証の場として、「きぼう」や「こうのとり」の利用・運用機会も活用するなど、ISSでの取り組みから国際宇宙探査に係る取組をシームレスで効率的に進めていくことが重要。

## (技術獲得、実験利用)

- 成果** 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技術・基盤技術を獲得。
- 成果** 創意工夫による新たな「きぼう」利用の拡がり(超小型衛星放出等)。また、民間参入や事業化が進みつつある。
- 成果** 「きぼう」「こうのとり」の運用により国際的な信頼構築と同時に国内の技術力向上・産業振興等にも貢献。
- 教訓** 民間企業が参画・活用しやすい枠組み・制度とするためには、計画の早期段階から民間企業とともに検討を行うことが重要。
- 教訓** 国際宇宙探査に向けた技術実証の場としてISSを活用するなど、国際宇宙探査に係る取組をシームレスで効率的に進めていくことが重要。

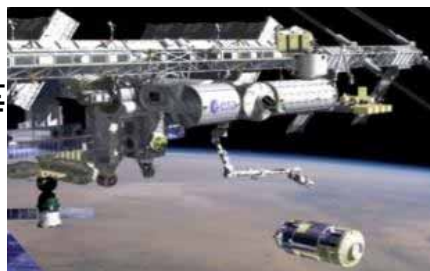
## (マネジメント(運営))

- 成果** ISS計画初期に設定された資金計画に沿った資金管理がなされてきている。
- 教訓** 費用対効果向上のためのコスト負担の更なる効率化(HTV-X開発、長期的計画を示すことによるコスト減、ISS全体の運用経費の削減等)
- 教訓** ISSでは、シャトル事故等によりISS組立・運用スケジュールに影響が生じた。国際協力プロジェクトでは、不測の事態が生じる可能性も念頭に全体計画を立案する必要。

# 国際宇宙ステーション (ISS) 計画から得られた成果

## 活動領域・知的資産の拡大

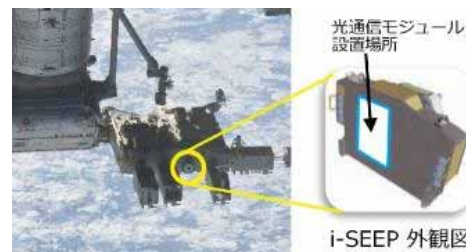
- 米露のみが持っていた環境制御技術、接近技術等の獲得



- 管制業務、安全・信頼性管理業務等の知見・経験の獲得

## 科学技術イノベーション・産業

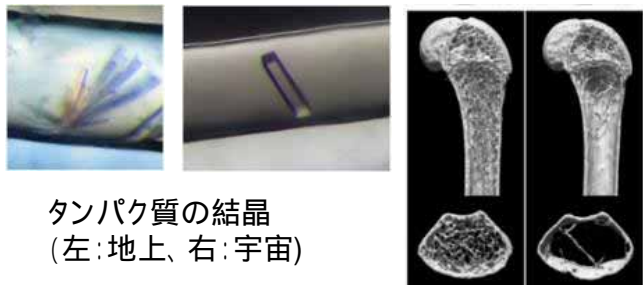
- 「きぼう」に650社、「こうのとり」に400社の企業が参加。日本の技術が米国のシステムにも採用。
- 「宇宙産業ビジョン2030」に掲げる宇宙産業創出に向けた実証機会の一つとして、「きぼう」が貢献
  - 創薬ベンチャー企業(ペプチドリーム社)との包括的な有償契約
  - 民間主体の運営を促進すべく、**超小型衛星放出事業、船外利用事業(軌道上利用サービス事業)の民間事業者を選定**



ソニー、ソニーコンピュータサイエンス研究所と、「きぼう」を利用した長距離光通信軌道実証にかかる有償契約を締結

## 科学的知見・成果

- 高品質タンパク結晶生成実験を通じた新薬設計支援への貢献
  - 歯周病菌の抗菌薬の研究への貢献
  - イヌ・ネコ用人工血液の合成に成功
  - 筋ジス、アルツハイマー病、乳がんなど



タンパク質の結晶  
(左:地上、右:宇宙)

35日間の飼育骨組織の変化  
(左:1G、右:0G)

- マウス長期飼育による加齢研究への貢献。日米協力によるサンプルシェアも実施。

## 国際プレゼンス

- 超小型衛星放出による国際貢献



九州工業大学とアジア、アフリカ諸国が参加し超小型衛星を開発するBIRDSプロジェクトの第一弾として、ガーナ、モンゴル、ナイジェリア、バングラデシュの衛星を放出。

- APRSAFを通じたアジア利用を推進

学生提案の教育実験



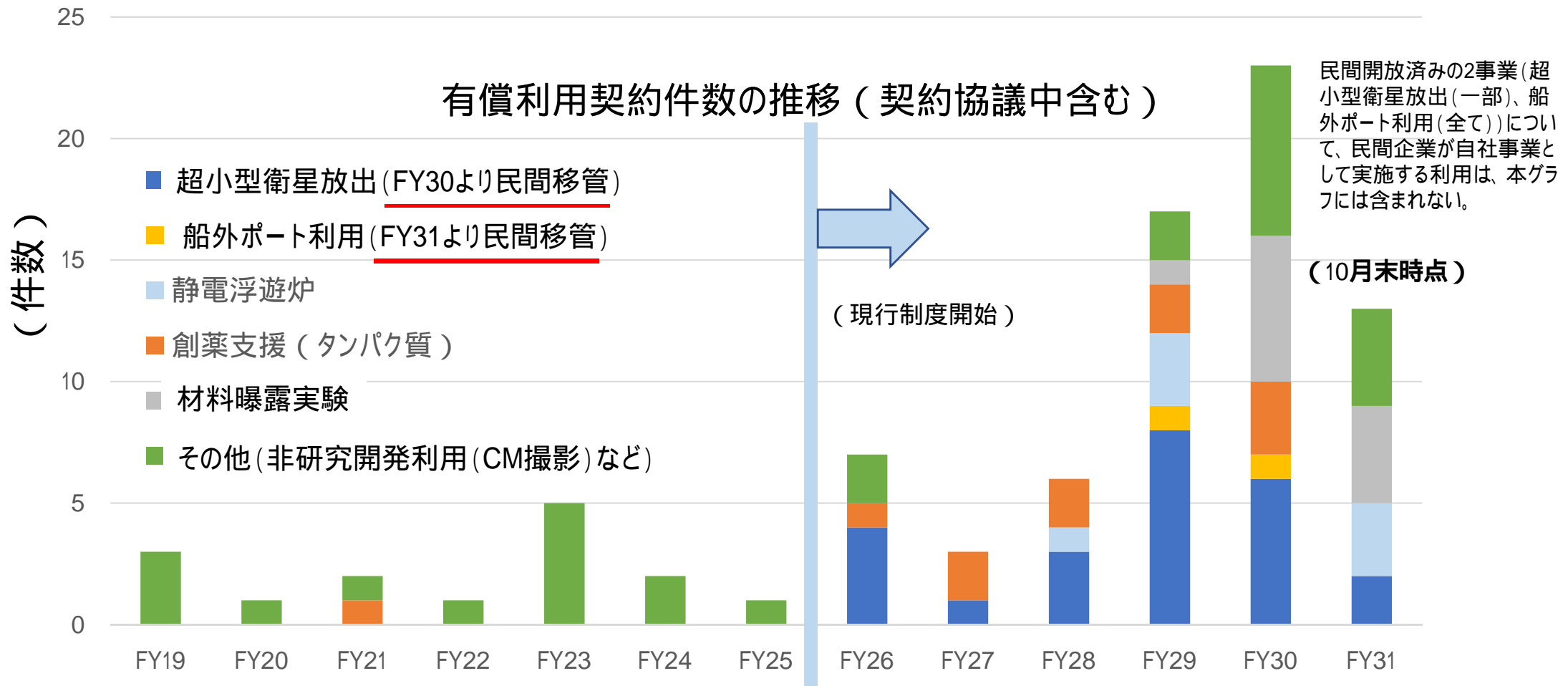
## 青少年の育成

- 「大人になったらなりたいたいものに」宇宙飛行士が9位にランクイン (2015第一生命保険調べ)
- 小中学校の理科・国語教科書への掲載
- 写真・映像の利用申請 1,800件 (FY30)
- TV約420件、Web、新聞約770件 (H30)
- 軌道上宇宙飛行士との交信イベント 77回 (H21～30)
- 宇宙飛行士講演活動289回、約18万人参加 (H21～30)



# 民間利用の拡大に向けた日本の取組み

- 民間投資による利用は米国と比べても先行
  - ✓ 利用者側の実費負担による利用(有償利用)件数はここ数年で著しく伸展
  - ✓ 民間事業者がリソース料を支払う形態の利用は、現状、日本のみ(自立化の助走)。



# ISS関係予算のこれまでの推移

## 【物資輸送経費】

- ・HTV(こうのとりの)の調達・運用
- ・H-IIBロケットの調達・打上げ

## 【運用経費】

- ・運用管制
- ・技術支援
- ・宇宙飛行士の訓練
- ・情報管理・国際調整等
- ・運用システムの維持
- ・保全補給
- ・安全・ミッション保証

## 【利用経費】(宇宙実験の実施に係る経費)

- ・共通的な実験装置や支援機器の開発
- ・利用テーマの宇宙実験準備
- ・共通基盤技術や地上設備の維持・提供

## 【LEO商業化経費】

ISS運用終了後を見据えて、地球低軌道(LEO)での宇宙活動が民間によって自立的に継続されるよう、民間移管や無人化・自動化を促進するための経費

