
1. 宇宙科学・探査

2. 月面における持続的な有人活動

3. 地球低軌道活動（ISS延長・ポストISS）

新興国における月以遠への取組

中国：3段階で月面探査と短/長期有人活動を構想

- 月面探査ミッション「嫦娥計画」を計画し、月面探査と有人による長期滞在を推進
 - 第1段階~23年：嫦娥探査機による繞（月周回）・落（軟着陸）・回（試料回収）
 - 第2段階~28年：月面研究基地の基本構造を建設、短期の有人活動を実現。露との協同開発を合意
 - 第3段階35年目途：エネルギー、通信、生命維持システムを備えた「小さな村」をつくる構想
- さらに2030年までに3フェーズによるサンプルリターンを含めた火星探査プログラムも走る



インド：月探査ミッション「Chandrayaan」を中心とした惑星探査

- 宇宙領域でも多極主義的で、露との関係継続に加え、近年は米との民生・安保側面での対話が進む
- 具体的な取組みとしては、「チャンドラヤーン3号」を2023年半ばまでに打上げ予定（着陸機と探査ローバ）
 - 08年1号機、19年2号機を打上げ（周回機はミッション実施中、月面着陸機は通信途絶）
- その他惑星探査では、金星大気及び地形探査ミッションを2025年に予定



韓国：宇宙経済ロードマップで月・火星も視野

- 2022年11月に大統領が2045年までの宇宙ロードマップを発表
- 5年以内に月に輸送可能な次世代エンジンの開発、2032年に月着陸と資源採掘を実施
- 宇宙開発予算を今後5年以内に倍増、2045年までに約10兆円を投資
- 韓国の宇宙関連企業70社が宇宙経済ロードマップに対して共同声明を発表



アルテミス計画

- 2017年、トランプ前大統領は有人月探査とその後の火星探査を指示（宇宙政策指令-1）し、2020年、NASAが有人月面着陸を含むアルテミス計画（「NASA持続的月探査・開発計画」）を公表。
- 月面探査だけでなく、2030年代に火星有人着陸を目標に掲げ、月面での持続的な探査活動を実施。
- 2025年に有人月面着陸（図1）、2020年代中頃から月周回軌道に中継基地のゲートウェイ（月周回有人拠点）を建設し、持続的な月面活動の本格化を目指す（図2）。
- 国際パートナーや民間事業者との連携を重視。（日、欧、加がゲートウェイ建設に参加）
- 2022年11月、アルテミス計画初のミッションArtemis Iとして、有人宇宙船Orionが無人で打ち上げられ、月の周回に成功している。
 - ✓ 2024年には有人での月周回を行い、早ければ2025年に月面着陸を目指す。
- 我が国は2023年1月に「日・米宇宙協力に関する枠組み協定」へ署名、日本人の有人月面着陸含めアルテミス計画の推進を目指す。



メガスタートアップの取組

Space-X

- イーロン・マスク氏が2002年に設立
- 従業員数は6万人
- NASAとの契約において有人着陸機の開発やゲートウェイ輸送サービスを受注
- 月旅行事業として、独自の商業ミッション（DeerMoonプロジェクト）を実施。

「宇宙旅行が一般的に行われる社会が現実になり、人類が今後生存していくために、惑星への移住が必要となるという信念に基づき、地球から最短距離で居住可能とされる火星を目的地とする」
マスク氏



有人着陸機：Starship



Blue Origin

- ジェフ・ベゾス氏が2000年に設立
- 従業員数は6千人
- New ShepardやNew Glennロケットで有人ミッション（人を宇宙に送る）を目指す。
- 2020年に有人着陸機の開発をNASAから受注したが、追加契約に失敗（契約継続はSpaceXのみ）。その後、2機目のRFPに提案書を提出。

「人類の新しい住処が必要という信念に基づき、最適な天体として月及び地球近傍のスペースコロニー建設を目指す」ベゾス氏



有人着陸機：Blue Moon



アルテミス計画における我が国の協力取組



人類にとって月面活動の意義（水資源）

- 水資源の存在が特に月の南極に確認されており、水資源が相当程度存在すれば飲料水などの生活用水としての利用や電気分解で呼吸用酸素や燃料（水素・酸素）の製造も可能。
- 水資源が相当程度存在すれば、地球から水や燃料を持参することが不要となり、探査が効率的に可能となることが期待される。
- 米国や中国は以下のような動き。

中国：ロシア等と連携し、2028年頃までに月面基地の基本構造を建設予定。

米国：水、酸素、燃料等、現地で入手可能な資源利用技術を優先開発すべきとし、2024年以降、月南極における持続的・戦略的プレゼンスの構築を目指す。

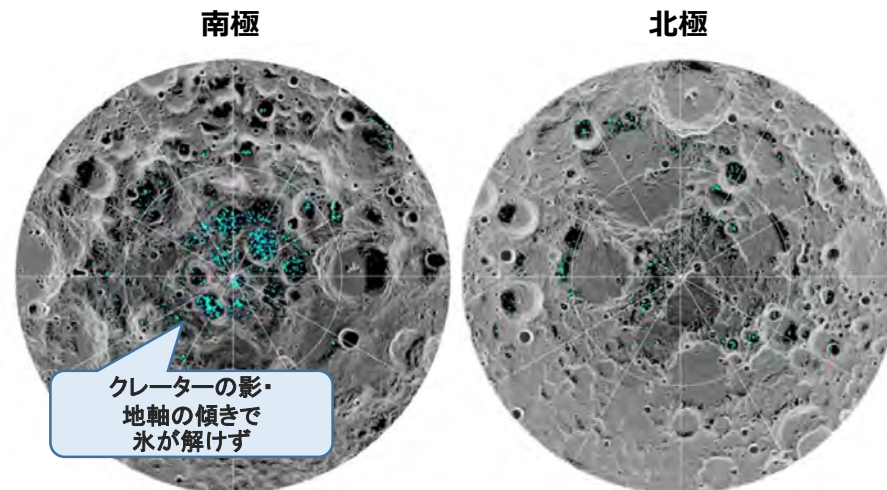


図 月極における水の分布（NASA）

※水色部分

人類にとって月面活動の意義（金属他の資源）

- 月面には水以外にも半導体材料にできるシリコンや、鉄・アルミを始めとした金属資源も存在（図1）。将来的には、3Dプリンティング技術等を活用して、火星等の他天体へ行くための資機材工場※とする可能性もある。
- シリコン・金属は多くが酸化物として存在し、還元することで酸素を製造することも可能（図2）。
- ヘリウム-3（核融合燃料）やレアアース**も存在。

※ ジェフ・ベゾス氏は地球環境保全の観点から、重工業はすべて宇宙に移すべきとの考え。

** 地球上より埋蔵量は少ないと推定されるが、地球上では中国に偏在していることに留意。

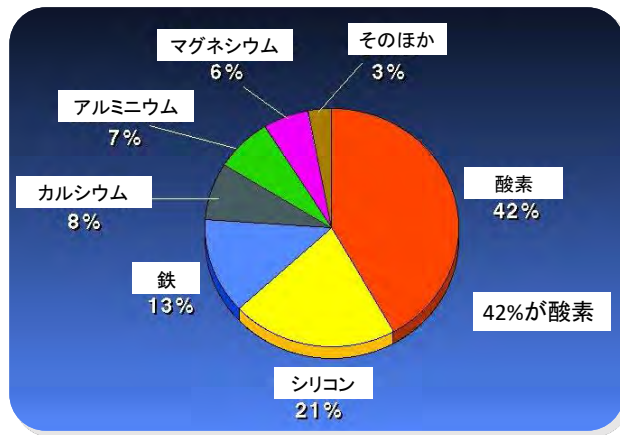
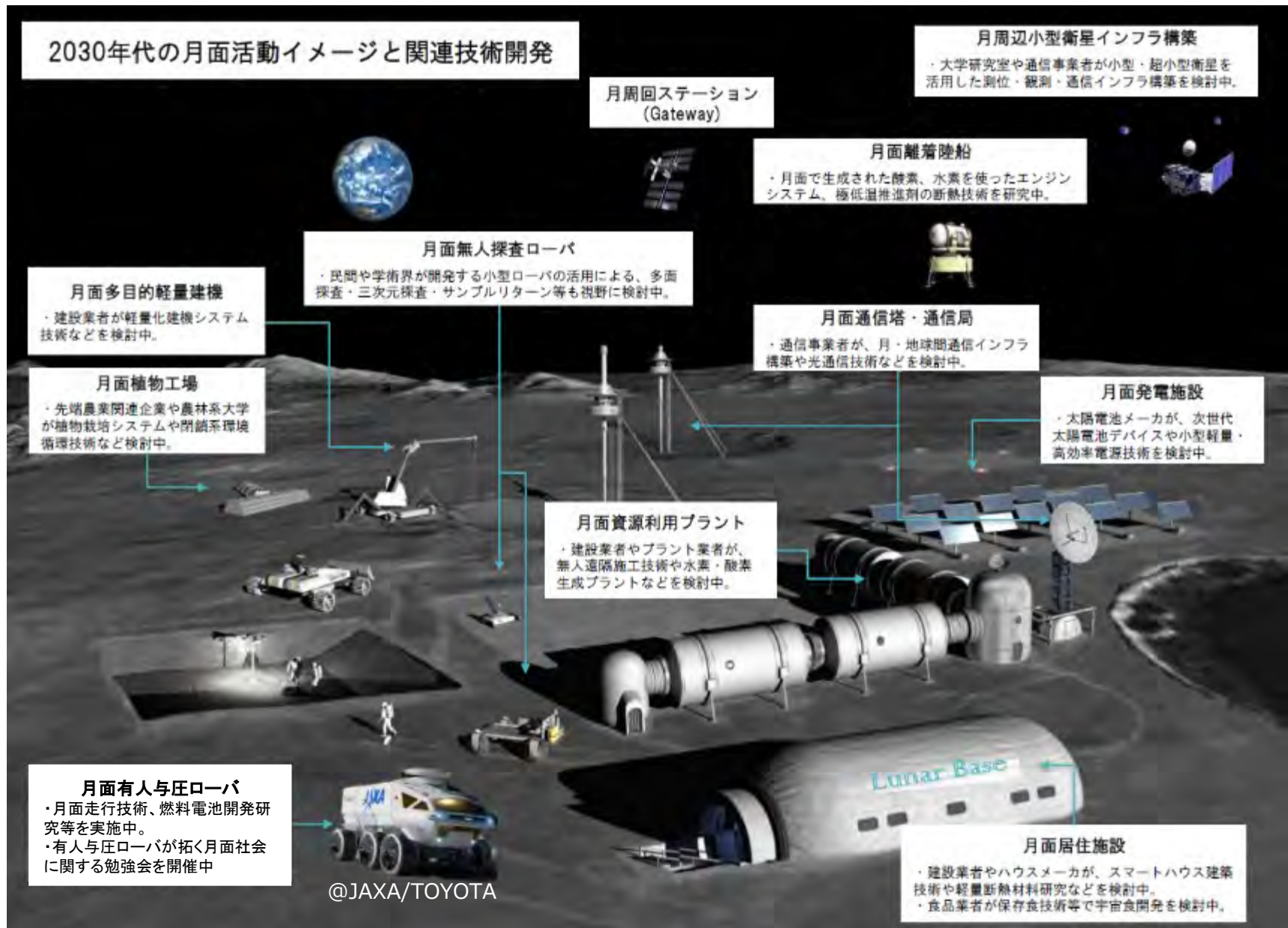


図1 レゴリス（月土壌）の含有成分



図2 欧州宇宙機関（ESA）は、月土壌を模した酸化物（左）を熔融塩中で電気分解することで酸素を作る実験に成功

将来的な月面活動のイメージ

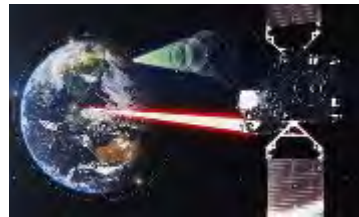


スターダストプログラムにおける月面インフラ技術開発

- 将来的な月面での持続的活動に不可欠な、重要インフラ技術として「測位・通信」「建設」「資源エネルギー」「食料バイオ」の4分野に注目
- これらの分野で日本が強みを持ち、国際貢献できる技術の開発を進めている

●測位・通信

- 月面での位置情報把握のための**測位システム（月版GPS）**
- 月-地球間の**超長距離（40万km）の光通信技術**



月-地球間の光通信
出典：JAXA

●建設

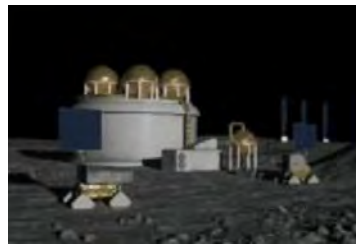
- 月-地球間の通信遅延を前提にした、**AI等による自律制御技術**
- **月資源を用いた建材製造技術**
- 居住環境を考慮した、**簡易施設建設技術**



月面無人建設
出典：JAXA

●資源エネルギー

- 水素エネルギー確保のための**水探査技術**
- 月環境下での**水の電気分解技術**
- 発電・蓄電・送電（無線送電等）を含む**電力供給技術**



月面資源利用プラント
出典：JAXA

●食糧バイオ

- 有人長期滞在を視野にした、**米・大豆・藻類・培養肉等の生産技術**
- 残渣や排泄物を肥料とした、**完全循環させるための処理技術**



月面の植物工場
出典：JAXA

我が国における宇宙資源法

<背景>

- 月面開発や火星探査などの計画の本格化に伴い、**宇宙資源の開発への関心が高まっている**。
- 他方、採掘等をした宇宙資源の**所有権の取り扱いが不明確**であるため、月面ビジネスに意欲を持つ**民間事業者にとって、躊躇する要因**に。



<宇宙資源法の整備>

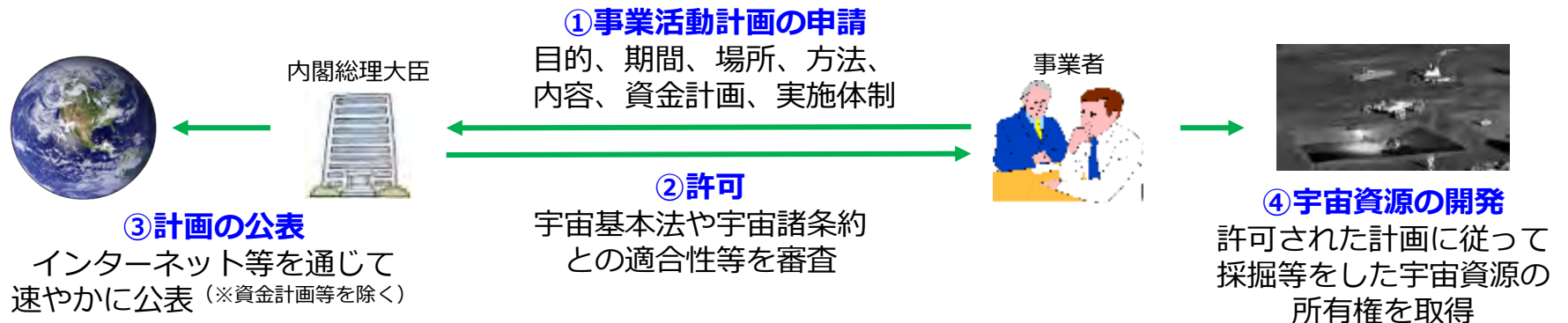
- 超党派議連により令和3年6月に**世界で4番目(※)となる宇宙資源法**が整備され、同年12月に施行。

(※) 2015年の米国、2017年のルクセンブルク、2019年のアラブ首長国連邦に次ぐ。

<宇宙資源法のねらい>

- 宇宙資源開発を行おうとする事業者の**計画が、宇宙基本法の基本理念や宇宙諸条約に反しないこと**などを審査。
- 許可された**計画を公表することで、国際社会に対する透明性を確保**した上で、**計画に従って採掘等をした宇宙資源の所有権を認め、良好事例の創出を慫慂**していく。

宇宙資源法のスキーム



1. 宇宙科学・探査

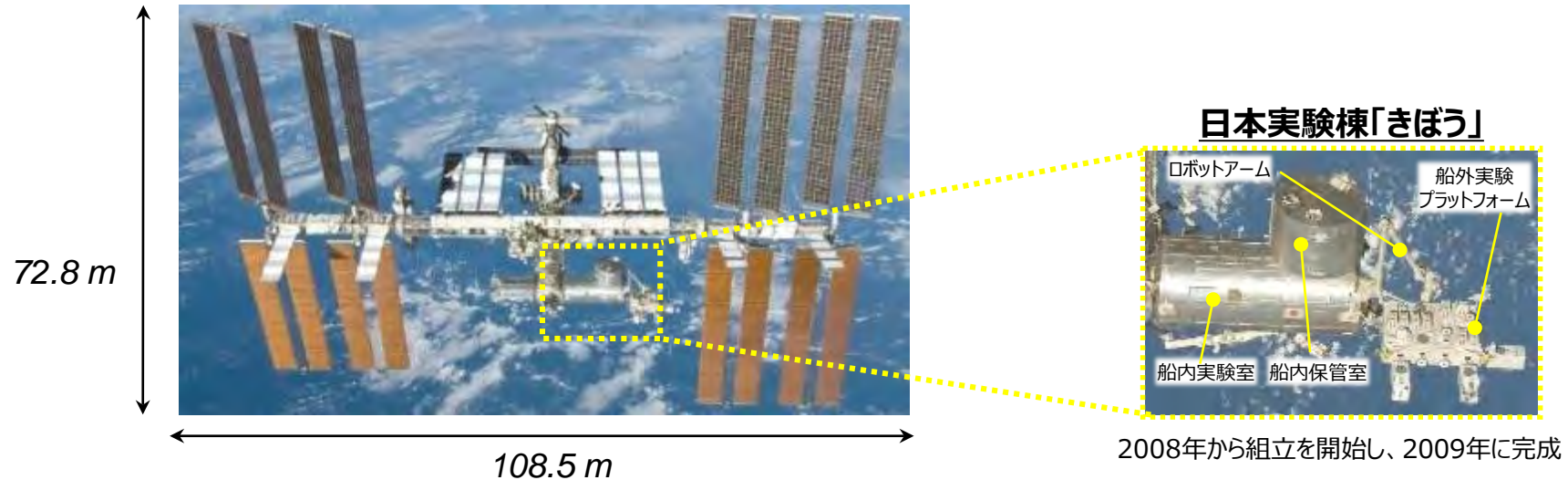
2. 月面における持続的な有人活動

3. 地球低軌道活動（ISS延長・ポストISS）

国際宇宙ステーション (ISS) 計画の概要

- ◆ 宇宙ステーション計画は、1984年にレーガン米大統領が提唱し、1988年に**日、米、欧、加**の4機関間で宇宙基地協力協定 (IGA) に署名して開始。**1993年に露の参加**が決定。
- ◆ 1998年から軌道上での建設を開始し、**2011年に完成**。
- ◆ これまで、2回 (2010年・2014年) 運用を延長し、2021年、米国より各極に対し、3回目の延長 (2030年まで) 参加の要請があり、2022年11月18日、延長参加を伝達した。

国際宇宙ステーション (ISS)



ISSでこれまでに得られた成果

1. アルテミス計画等で必要となる技術の実証

アルテミス計画において、日本が重要な役割を担い先導するために不可欠な高効率の環境制御・生命維持システム等の**高度技術やノウハウ**を獲得

- きぼうロボットアーム等の遠隔操作技術
- HTVの開発・運用（自立飛行、ランデブー、物資補給・回収等）
- HTV-Xを活用した自動ドッキング技術の実証（準備中）
- 日本独自の「将来型水再生システム」の実証（実施中）
等



将来型水再生システム実証

2. 宇宙環境利用を通じた知の創造

優位性の高い独自の宇宙環境利用技術により、「健康寿命の延伸」「革新的材料創出」等の**社会的な課題解決**に繋がる成果を創出、また、「**知の創造**」に繋がる様々な科学的知見を獲得

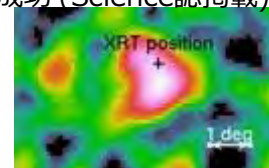
- 微小重力のマウス飼育実験が人の加齢の加速試験になることを科学的に検証し、加齢研究等への発展が期待
- 高品質タンパク質結晶生成実験により、筋ジストロフィー治療薬・人工血液・乳がん治療薬等の開発に貢献
- X線天文学における世界的発見、世界初の高エネルギー領域での宇宙線観測
等



2011年3月に巨大ブラックホールが星を吸い込んだことを観測（世界初）（Nature誌掲載）



2013年4月にガンマ線バースト(宇宙最大規模の爆発)の観測に成功 (Science誌掲載)



3. 新たなビジネス・サービスの創出

海外宇宙機関に先駆けた有償利用制度の導入、技術支援、事業移管、**非宇宙業界を含めた民間企業との事業共創活動**等により、「きぼう」という低軌道活動の場を提供、**多くの民間企業の参入を実現**

- 「きぼう」利用プラットフォームの構築（JAXAが構築した宇宙実験手法を定型化し、提供）
- 将来の宇宙利用に向けた民間企業の技術実証利用（宇宙ロボット、地上との双方向光通信技術、宇宙日本食 等）

4. 宇宙活動を支える人材基盤の強化

宇宙飛行士や宇宙開発技術者の育成、若手研究者・大学生等の能力構築、青少年への科学技術等への興味や関心の喚起・教育にも大きく影響し、**人材育成の好循環の形成**

- 参加型宇宙実験の教育プログラムで多数の日本・アジアの中高生らが参加
- 公募型簡易宇宙実験（中高生が提案した簡易宇宙実験をISSの日本人飛行士が実演・解説）

5. 国際宇宙協力の強化（国際的プレゼンスの向上）

ISS国際パートナーとしての貢献、日米共同実験、アジア諸国・新興国に対する日本を通じた低軌道活動への参加機会の提供等により、**日本の国際的プレゼンス向上、米国を始めとした各国との関係強化に貢献**

- 日米共同実験として、月面相当重力環境のマウス長期飼育ミッションや静電浮遊炉実験等を実施
- タイ・マレーシア・トルコ・UAEとの二国間の協力・連携を推進
- アジア太平洋地域の多国間協力枠組みKibo-ABCによるISS利用促進

第100回・宇宙政策委員会資料（ISS延長参加決定に関して）

国際宇宙ステーション（ISS）運用期間延長への日本の参加に関する意義と留意点

令和4年11月17日
宇宙政策委員会

本年1月1日（日本時間）、米国として国際宇宙ステーション（ISS）の運用期間を2030年まで延長することについて発表があり、各参加国に対して延長への参加が要請されている。これに関し、ISSの運用期間の延長への参加の意義と留意点を取りまとめた。

我が国にとって、2030年まで延長された運用期間において引き続きISSに参加することには、以下の意義がある。

- 国際宇宙探査（アルテミス計画）等
 - 今後の国際宇宙探査（アルテミス計画）に必要な技術（実験の遠隔化・自動化・自立化、高効率の環境制御・生命維持システム等）の獲得・実証
 - 社会的な課題解決や科学的知見の獲得、非宇宙業界も含めた民間企業との事業共創を通じた多様な利用・事業化の進展
- 外交・安全保障
世界情勢が不安定化する中で宇宙の平和的利用の増進に貢献する米国、欧州及びカナダとの協力の深化
- 国際的プレゼンス
アジア唯一の参加国として、アジア諸国や他地域の新興国への地球低軌道活動への参加機会の提供等による、国際的プレゼンスの向上

ISSの運用期間の延長に参加する場合は、以下の点に留意すべきである。

- ISS延長期間における我が国の方針の検討
ISS運用延長後、2030年までの期間について、以下をすみやかに検討開始すること。
 - 各国の参加状況を踏まえた我が国の貢献
 - 社会的課題の解決や科学的知見の獲得などへの貢献を最大化するため、民間による利用の拡大など、必要な方策
- ISS延長終了後における我が国の方針の検討
ISS運用終了後、我が国の2030年以降の地球低軌道活動のあり方について、以下を中心にすみやかに検討開始すること。
 - アルテミス計画のために必要となる技術の獲得・実証について
 - 我が国の産学官の地球低軌道活動の場の確保・維持・発展等の観点から、その国際枠組み、技術的成立性、事業成立性、官民の役割分担等について
- 成果の拡大・最大化
厳しい財政事情の中、効率的な運用に取り組みながら成果の拡大・最大化に取り組むこと。