

**資料39-3**

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  
ISS・国際宇宙探査小委員会  
(第39回)

# 国際協働による探査シナリオの紹介及び 月面インフラ構築に向けた取組み(その2)

2020年11月11日

国立研究開発法人  
宇宙航空研究開発機構(JAXA)  
国際宇宙探査センター

- 月面インフラ構築に向けた取り組みに関し、JAXAでは、第38回ISS・国際宇宙探査小委員会(2020年10月9日開催)へご報告したとおり、宇宙基本計画で示された方針のもと、2030年代以降の月面での活動に向けた段階的取り組みを検討中。
- 本資料では、JAXAが、宇宙基本計画並びに国際的なロードマップ検討も踏まえ検討している国際宇宙探査シナリオ(1項)を説明するとともに、民間事業者等を含めた多種多様なプレイヤーの参画を想定する「持続的月面活動」の実現に向けた、今後の段階的な取り組みイメージ(2項)についてご報告する。

1. JAXA作成の「日本の国際宇宙探査シナリオ(案)2019」について
2. 有人月面活動基盤の構築に向けた段階的な取り組み(イメージ)

(参考)

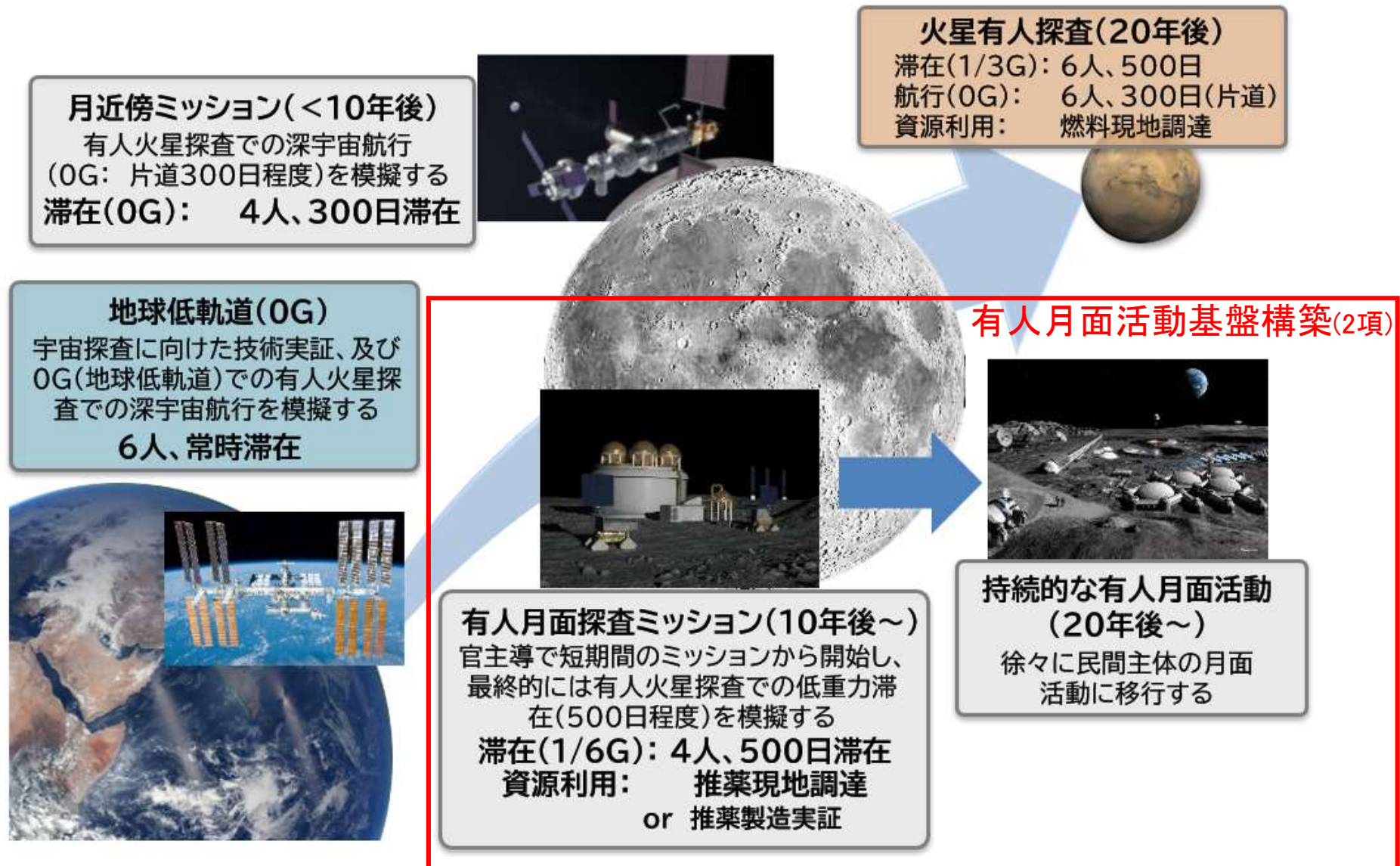
- 国際宇宙探査協働グループ(ISECG) 宇宙探査ロードマップ及び月面探査シナリオ追補版について

- 本シナリオ案は、宇宙基本計画(月面に関する部分)<sup>※1</sup>に則しており、有人活動と科学の両方の目標を設定。具体的には、目標達成に向け必要なアーキテクチャについて検討・提示しており、4つの重点技術<sup>※2</sup>も念頭に各分野の技術開発ロードマップをまとめている。<sup>※2</sup>本小委員会第2次とりまとめで識別された、「重力天体着陸技術」、「重力天体表面探査技術」、「有人宇宙滞在技術」、「深宇宙補給技術」。
  - 月極域探査ミッション(LUPEX)を探査シナリオの中核に位置付け、将来的にはLUPEXでの調査結果に基づき、資源利用による効率的な月面探査としている。
  - 移動手段に関しては、LUPEXで実証された走行技術を有人と圧ローバに発展させたシナリオとし、2030年代はその有人と圧ローバを駆使し、極域を含む広域を探査することでサイエンスにも貢献できるシナリオとしている。
  - 通信・測位システムについては、有人月探査にかかる地球・月系での通信アーキテクチャに関するトレードオフ結果としてのレファレンスを、シナリオの一部として設定。(なお、そのレファレンス・アーキテクチャや情報提供要請(RFI)に基づき、実証計画を立案中。)

### ※1【宇宙基本計画(令和2年6月30日)】 月面の取り組みに関する抜粋

- 月の水資源の有無や採掘の難易度が計画への参画の在り方に大きく影響することから、水資源の存在が期待される月極域にピンポイント着陸し、我が国が主体的に今後の月面における探査等について検討できるよう、移動探査によって水資源に関するデータを独自に取得する。
- 水資源の態様等を踏まえ、「ゲートウェイ」の活用を含め、宇宙科学・探査の今後の20年を見据えた中での取組を検討し、広範な科学分野の参加も得て推進する。検討のテーマとしては、月における測位、通信、リモートセンシング、超小型探査機による多点探査、三次元探査、サンプルリターン、データサイエンス、天体観測等が候補となる。また、非宇宙産業を含む民間企業等の参画を得つつ、ゲートウェイや月面での移動手段を含む月面活動に必須のシステムの構築に取り組むこととし、要素技術の実証を先行させるなど、世界に先駆けた成果を段階的に発信する。

## 1.2 JAXA作成「日本の国際宇宙探査シナリオ(案)2019」について

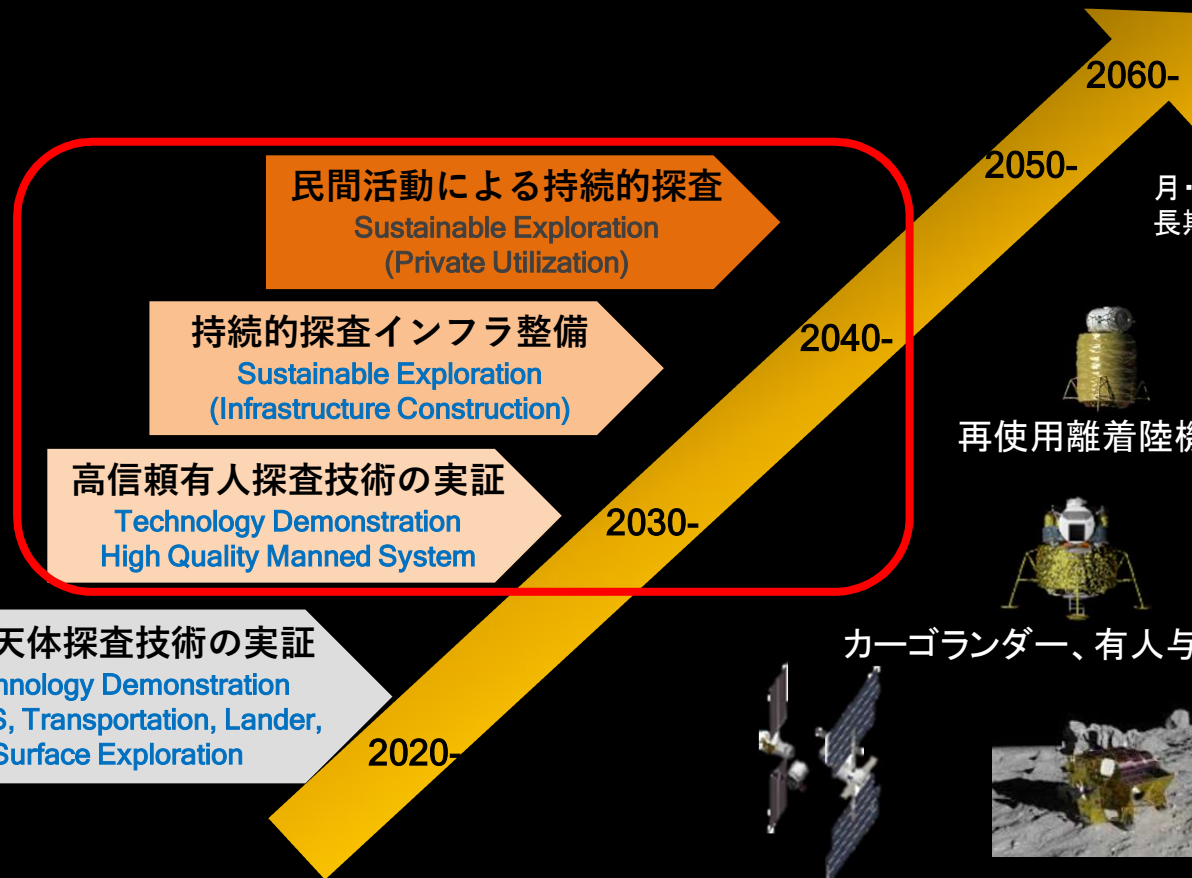


月面活動に必要な技術実証から、持続的な探査インフラ構築及び、その先の民間主体の持続的な探査活動へと段階的な取り組みを目指している。



Moon Base

月・火星圏での観光産業(旅行等)、長期滞在(スマートシティ等)に必要な産業へ拡大



重力天体探査技術の実証  
Technology Demonstration  
ECLSS, Transportation, Lander,  
Surface Exploration

2020-

高信頼有人探査技術の実証  
Technology Demonstration  
High Quality Manned System

2030-

持続的探査インフラ整備  
Sustainable Exploration  
(Infrastructure Construction)

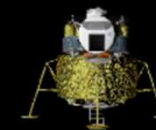
2040-

民間活動による持続的探査  
Sustainable Exploration  
(Private Utilization)

2060-



Gateway/ピンポイント着陸(SLIM)/月極域探査機/補給(HTV-X)



再使用離着陸機



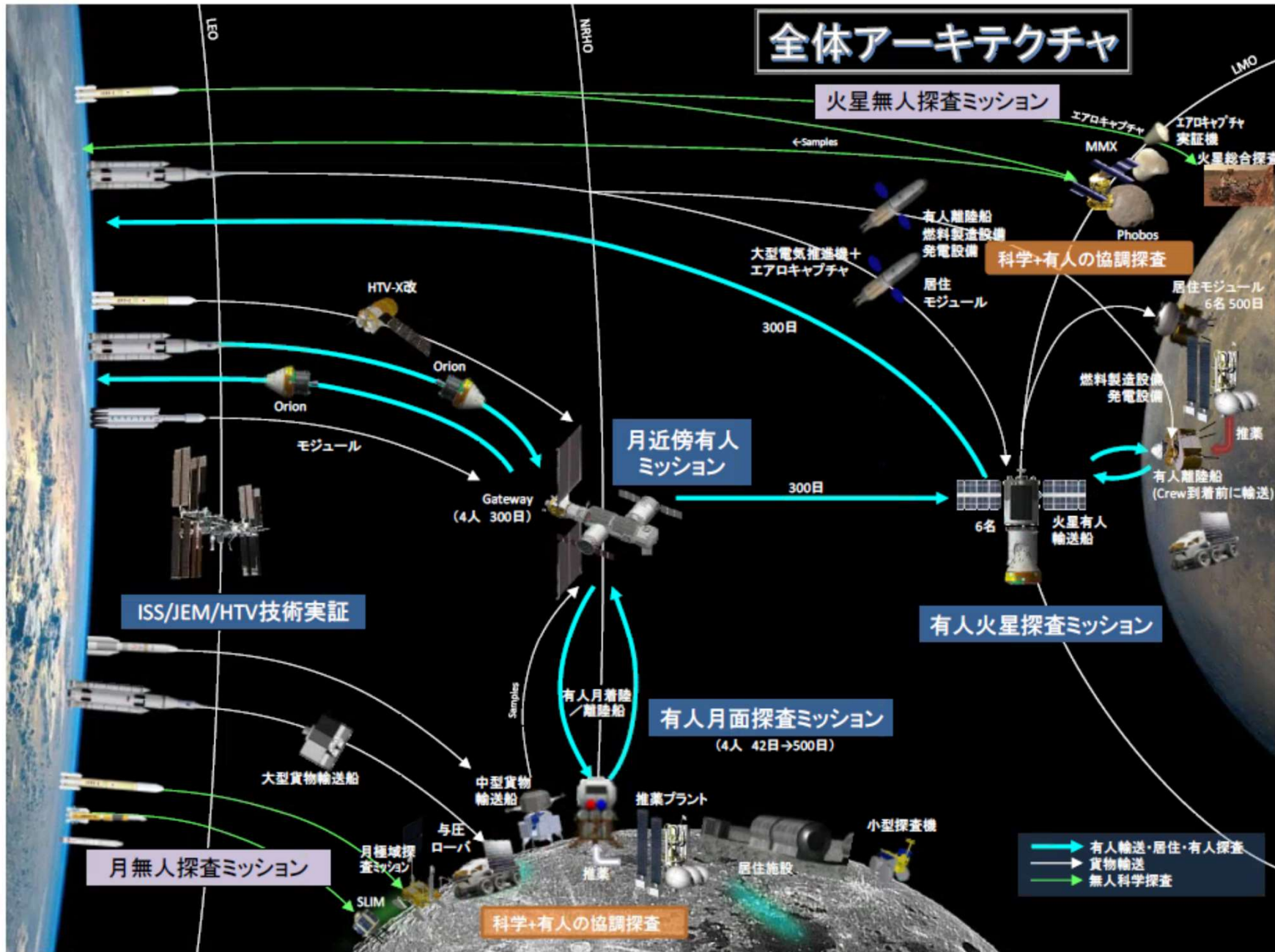
推進薬プラント



カーゴランダー、有人と圧ローバ、資源利用実証



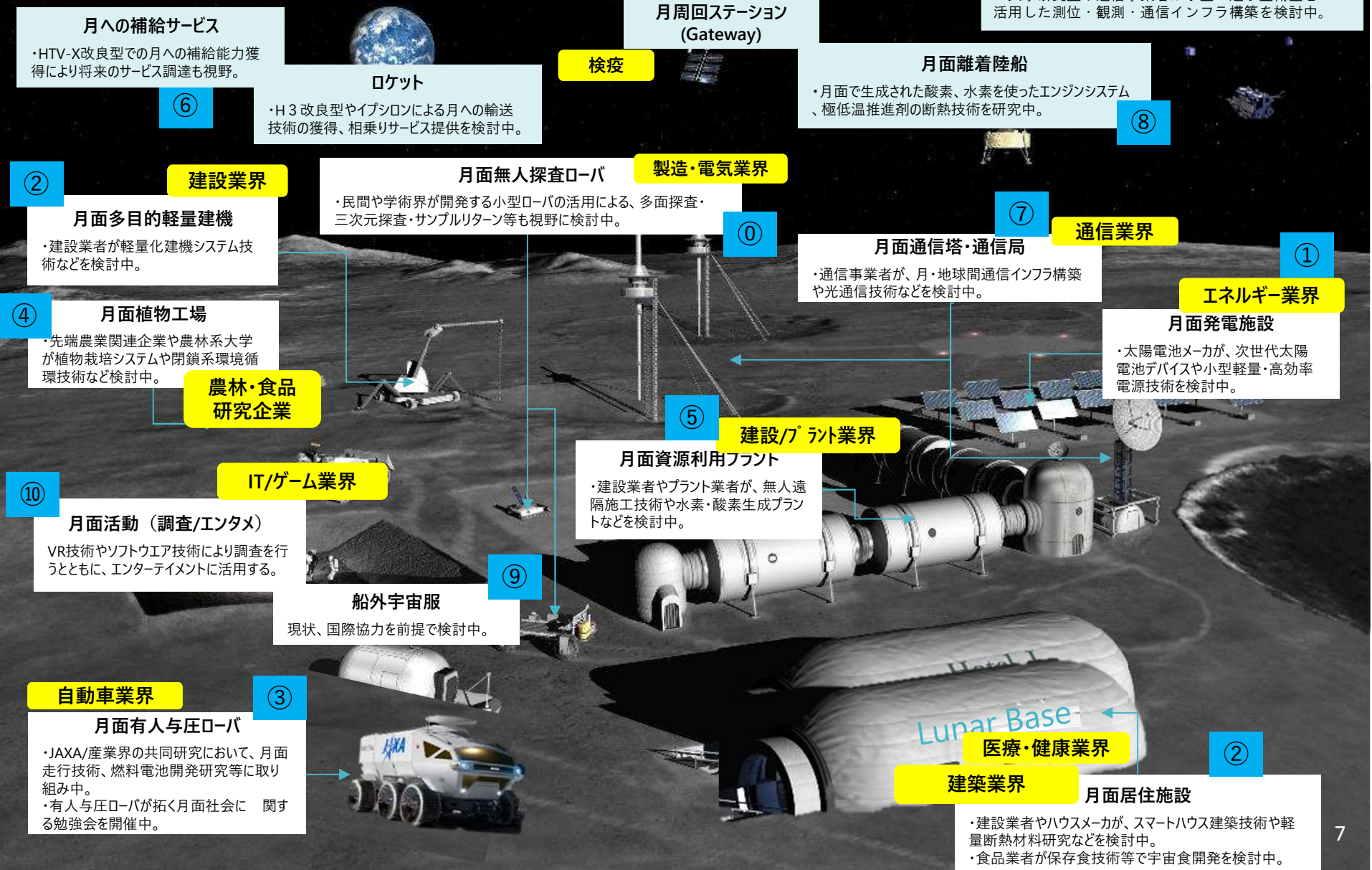
# 1.4 全体アーキテクチャ:「日本の国際宇宙探査シナリオ(案)2019」からの抜粋



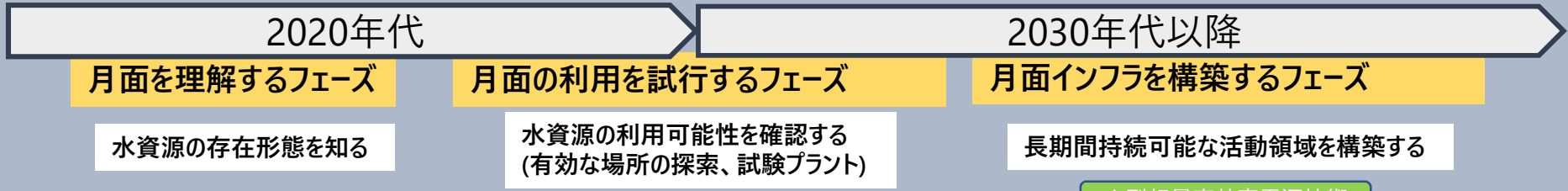
## 2.1 2030年代以降の月面活動イメージと関連技術開発(例)



- 持続的な月面探査を推進するうえで必要となる構成要素と取組状況を示す。
- 多くの領域で、民間企業の参画による先進的な技術の活用も期待されるところ、宇宙探査イノベーションハブの枠組み等も活用した研究開発と企業の参画促進を目指す。

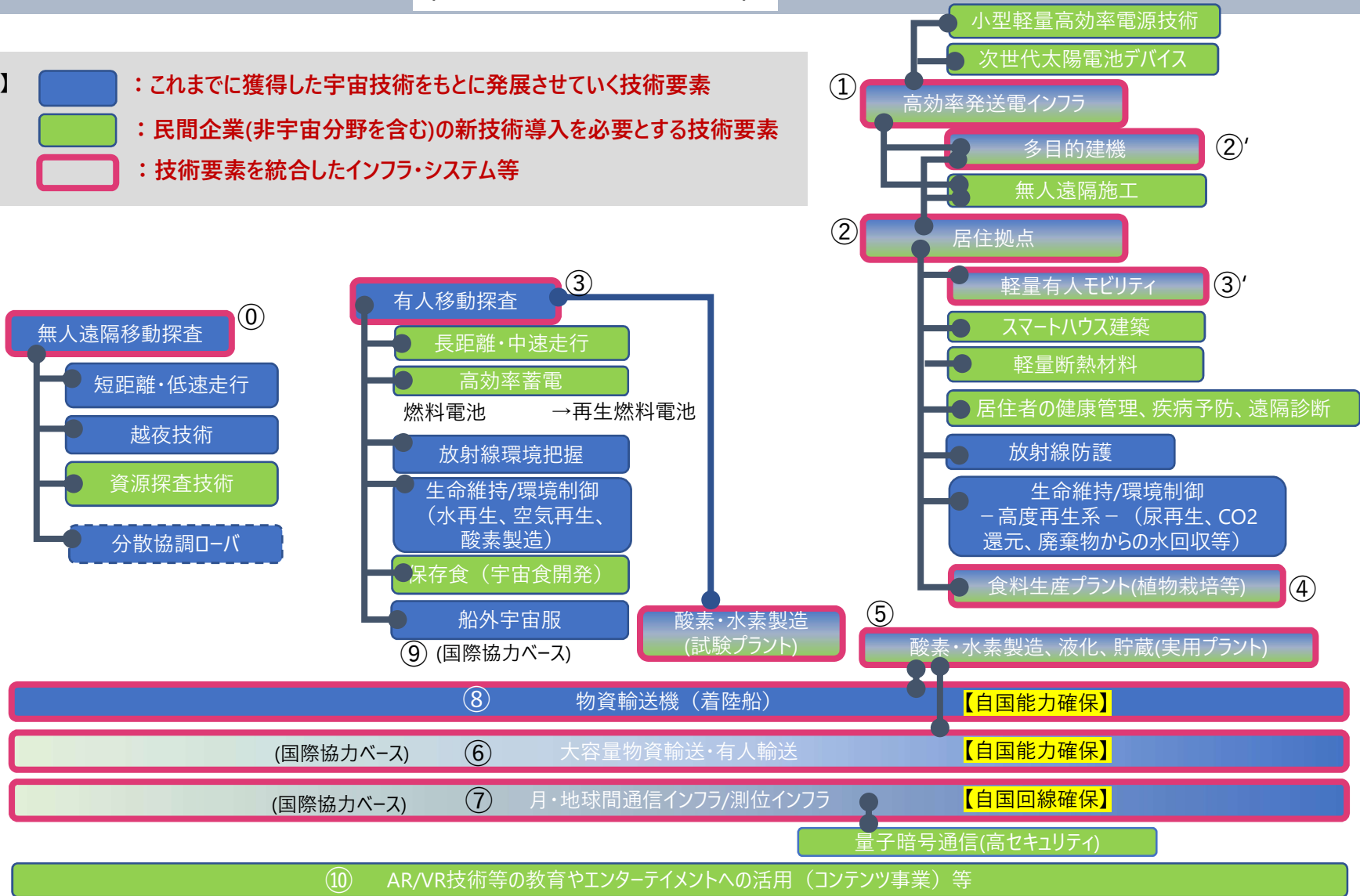


## 2.2 有人月面基盤の構築に向けた段階的な取り組み(イメージ)



【凡例】

- 青いボックス: これまでに獲得した宇宙技術をもとに発展させていく技術要素
- 緑色のボックス: 民間企業(非宇宙分野を含む)の新技术導入を必要とする技術要素
- 赤い枠のボックス: 技術要素を統合したインフラ・システム等





(1) 基地を建設するのに必要な基盤的な能力を獲得(⑥⑦⑧)



有人輸送

物資輸送

通信インフラ

測位インフラ

(2) 無人建機を展開し、基地の整地を開始(②'として建機)



建機

(3) 電力(発蓄送電)プラントを整備開始→以降段階的に拡張(①)



電カプラント

(4) 有人滞在基地化(②③')



居住棟

モビリティ

(5) 無人建機と有人能力を使って、水掘削、酸素/水素生成・液化・貯蔵プラント建設(⑤)



燃料プラント

(6) 食料生産プラントを整備し、より長期の有人滞在を可能に(④)

食料生産プラント

## 2.4 民間参画促進の取り組み案(1/2)



2030年代以降の有人月面活動基盤の構築に向けては、これまで宇宙活動に参画していなかった、より幅広い産業分野からの参画が必要であり、資金面も含めた政府の施策が望まれる。

- 【取組①】想定されるシステムのうちクリティカルな要素について、宇宙実証などのフロントローディング機会の提供を拡充する。
- 【取組②】また、より幅広い分野の企業主体によるシステムや要素の研究を支援する。

### 取組①

具体的なフライトシステムへの適用を想定した要素(プロトタイプレベル)製作と実証の推進

- 宇宙実証/地上模擬環境での実証を支援する。

(ステップ)

- ① 適用される目標となるシステムを設定※1、**必要な性能要求を明確にしたうえで、機器の製作・実証を実施する。**
- ② これらから、従来の宇宙システムの機器として開発されていない要素を識別し、テーマとして提示、公募等により推進することが考えられる。

(実績例) SONY/SOLISS(光通信実験)

※1: 2021年からの研究では、適用先の想定は、**2027年～2030年頃に展開したいシステム**が考えられる。

【対象候補の例】

Gateway補給船(HTV-X)、与圧ローバ、再生型環境制御・生命維持システム(再生ECLSS)、月周回データ中継衛星等

### 取組②

より幅広い領域の民間主体の研究の拡大の支援

- 宇宙に携わっていない企業が宇宙事業に進出する入口の設定により、プレイヤーの拡大を図る。
- 宇宙探査イノベーションハブと類似するが、地上への還元(Dual-Utilization)は必須としないことで、幅広い研究参画を目指す。

(ステップ)

- ① 適用される目標となるシステムを設定※2、**必要な機能を明確にしたうえで要素研究を実施する。**
- ② これらから、仮ミッション要求を設定し、概念検討を行って研究要素を設定し、テーマとして提示、公募等を実施することが考えられる。

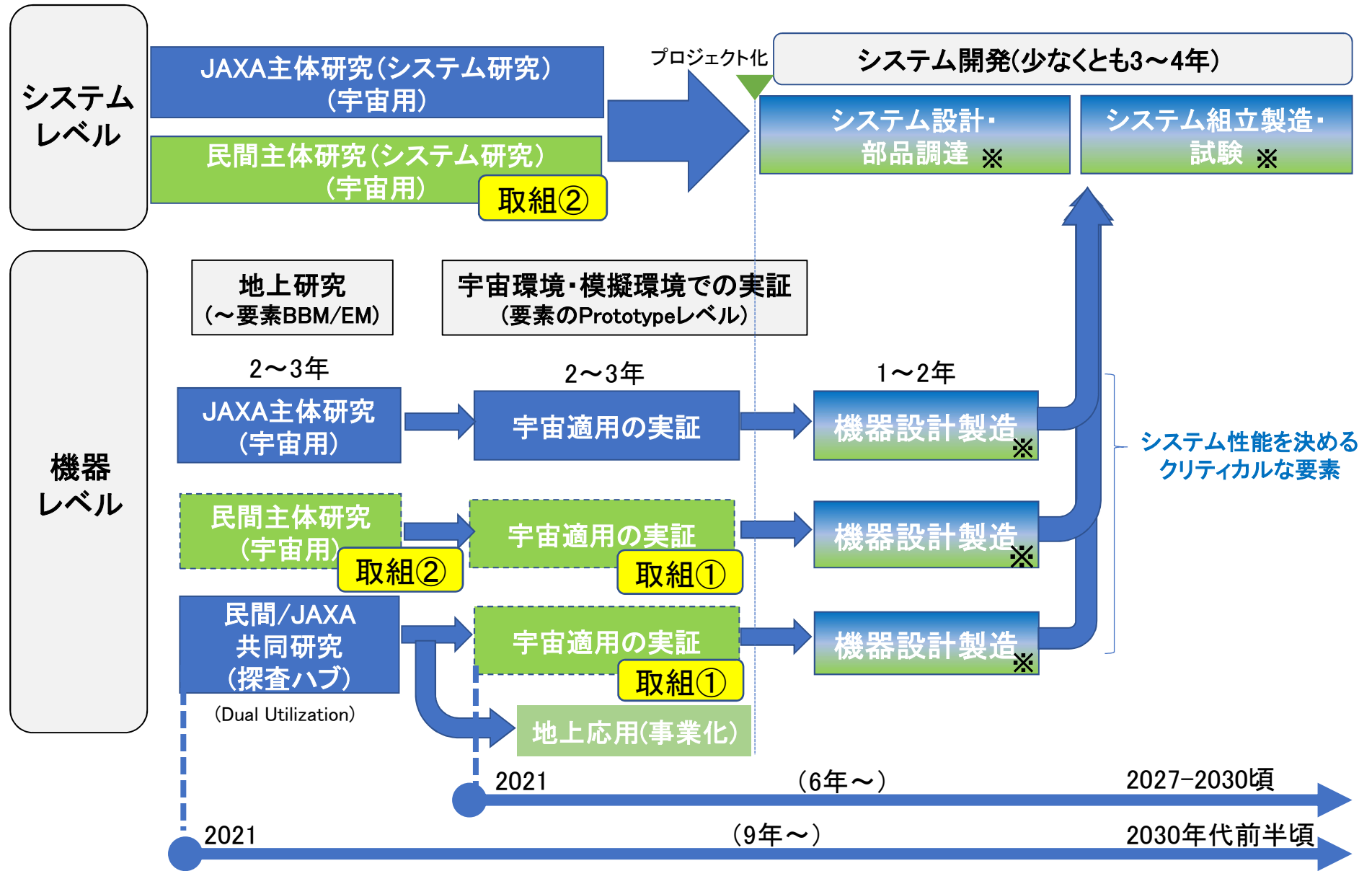
※2: 2021年からの研究では、適用先の想定は、**2030年前半に展開したいシステム**が考えられる。

【対象候補の例】

推進薬プラント、電源プラント、居住施設、建機等

産業としての発展に向けた官民での議論の推進

## 2.4 民間参画促進の取り組み案(2/2)



※JAXA主体もしくは民間企業主体

## 参 考

## 【参考1】国際宇宙探査協働グループ(ISECG):宇宙探査ロードマップについて



- ISECGは、国際協働による宇宙探査に向け宇宙機関間でシナリオ検討、技術検討を行う会議体。2007年より開始し、2010年より、宇宙探査ロードマップ(Global Space Exploration Roadmap)作成を開始し、2011年に初版、2018年には第3版を発表した。
- 2020年8月、有人月面探査に関するシナリオ”Global Exploration Roadmap Supplement”(GER追補版)を発表。(JAXA探査シナリオ・アーキテクチャを積極的にインプットし、技術調整に貢献したこともあり、ISECGのGER追補版はJAXAシナリオとも親和性の高いもの※となっている)。
  - ①有人火星探査と有人月面活動を融和させた目標の設定、②資源利用を活用した効率的なアーキテクチャ、③与圧ローバや曝露ローバを重点的に活用する月面探査シナリオ、④結果としてサイエンスロードマップに対応できるシナリオ、⑤着陸船の活用等

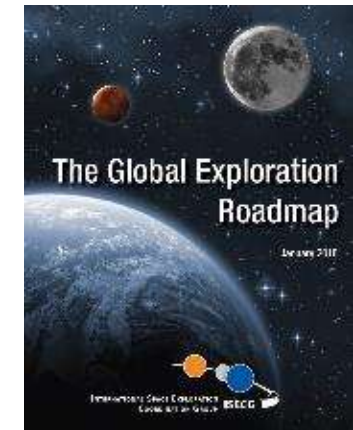
### 世界の25の機関(24の国と地域)が参加 (2019年4月から本年9月までJAXAが議長)

ISECGの参加機関



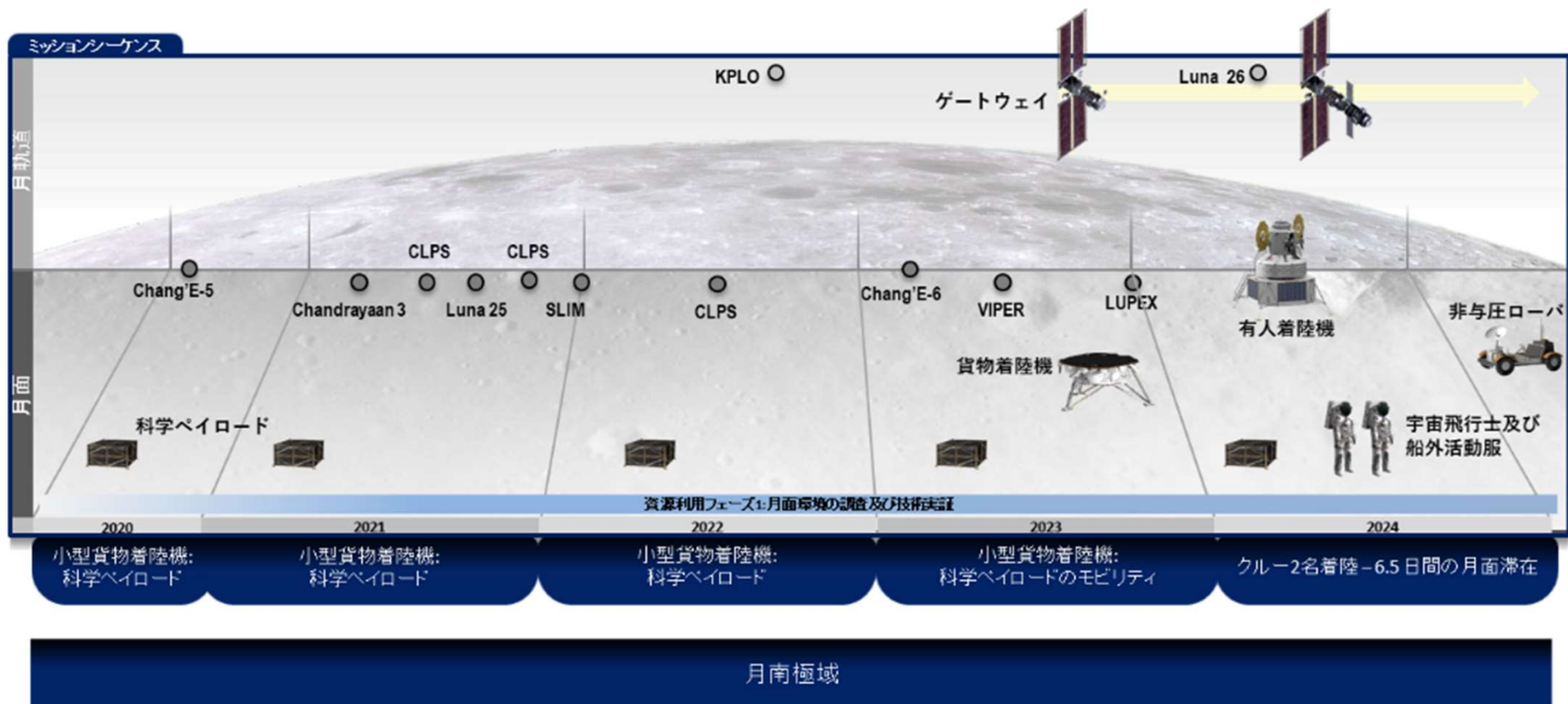
### Global Exploration Roadmap(GER) GER第3版有人月面探査シナリオ「GER追補版」

- GERは、機関レベルで調整した有人探査の共通目標と有人火星探査に至るロードマップ、各機関の宇宙探査計画等をまとめたもの。
- 各機関は、このGERを活用して産官学の宇宙関係者等、ステークホルダとの協議を行い、適宜、政策や宇宙開発計画に反映させることを目的としている。
- アルテミス計画はこのロードマップにおける中核との位置付け。



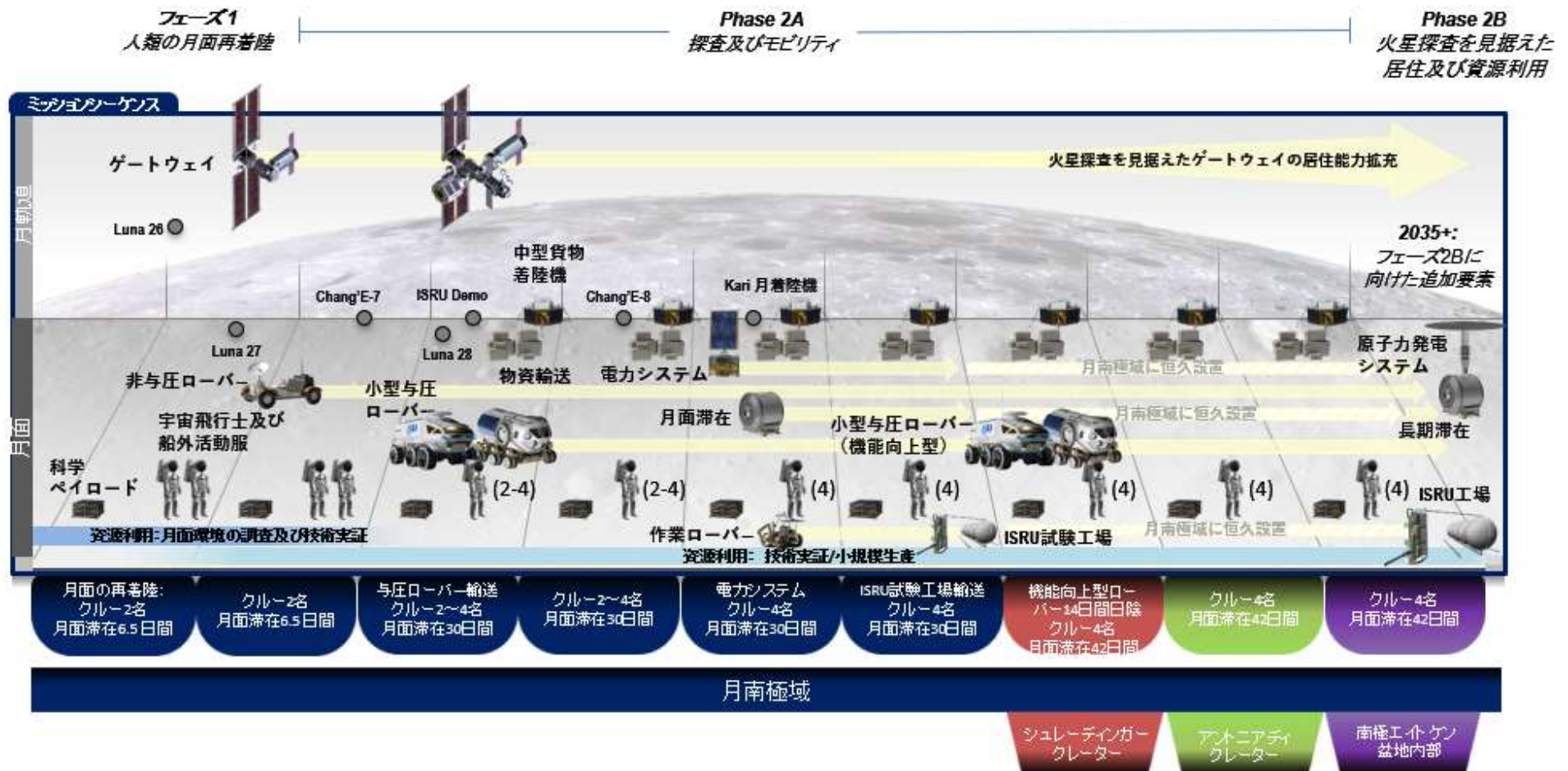
- 2020年前半より、月面環境の調査及び技術実証を開始する。
- 特に、月南極における水資源調査を進めるとともに、有人着陸機の開発により、宇宙飛行士(2名)の月面着陸及び簡易的な移動手段(非与圧ローバ)での月面移動を目指す。

### フェーズ1のシナリオ



- 2024年（有人月面着陸）以降、月面拠点構築が本格化。
- 月面でその場資源利用（ISRU）を行うプラントの構築、広域の月面探査等も計画されている。

## フェーズ2のシナリオ



- Gatewayを活用した月面有人活動を展開。
- 将来の火星探査に向けた月での実証、電力・燃料の確保がさらなる宇宙探査の鍵となる。

