

資料49-1-1

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49回) 2022. 11. 8

# ポストISSにおける我が国の地球低軌道活動について (その2)

2022年11月8日

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)  
有人宇宙技術部門

## 本資料記載項目

### (1) ポストISSにおいて想定される国による利用分野（前回の続き）

#### (1) - 1 科学実験（知の創造、社会課題解決）

#### (1) - 2 技術開発・実証（前回の続き）

(A) 国際宇宙探査に必要な技術 ※

(B) 国の研究（知の創造・社会課題解決）を推進するために必要な技術の  
発展・高度化

(C) 民間主体の宇宙活動を支える先進的・基盤的の技術の獲得 ※

#### (1) - 3 輸送／補給、帰還／回収（人、物資、燃料等）

### (2) 利用ニーズを踏まえた地球低軌道における我が国の関与の在り方

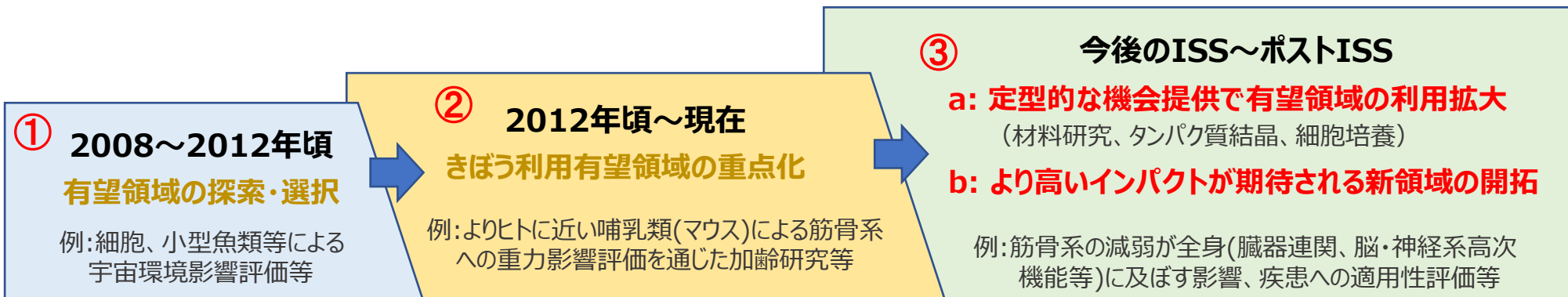
### (3) まとめ

※ (A) と (C) は、第48回小委員会JAXA資料（資料48-1-3）にて説明済。  
今回 (B) について説明

# (1) - 1 科学実験 (知の創造、社会課題解決)

- これまでの宇宙環境利用の取組・成果を踏まえ、今後も、**優れた科学的知見の獲得、国の課題解決、宇宙探査に貢献する研究活動への期待が高まる**と考えられる。
- 以下の理由から、我が国の産学官が優れた成果を創出し続けるために、**ポストISSでも、我が国独自の研究活動を自在に推進できる場の確保が必須**。

- これまでの調査・分析から、低軌道における研究は、ISSでの成果を基礎に、**より高いインパクトが期待される有望領域へと拡大し (次ページ参照) 、産学官による利用ニーズが高まると予想される**。そのため以下に示すような場の確保が重要
  - 高付加価値かつ低コスト・低リソースの利用サービス提供により、ISSでの需要を更に拡大した産学官の研究の場 (下図③-a)
  - 国の科学技術戦略や国内外研究動向を踏まえた「国の課題解決に向けた有望領域」の研究の場 (下図③-b)
  - 人の宇宙滞在に関わる科学的知見や要素技術等、探査にも有用な基礎的研究開発の場
- **これらの科学研究は、物資輸送・回収等のアクセスがよい地球に近い低軌道で利用することが効率的**
- 優れた成果を創出する研究活動の推進には、**優位性の高い実験装置等を自ら設置・利用可能な環境の確保が必須**
- **先端研究の知的財産保護の観点でも、国として自在に活動できる場が必要**

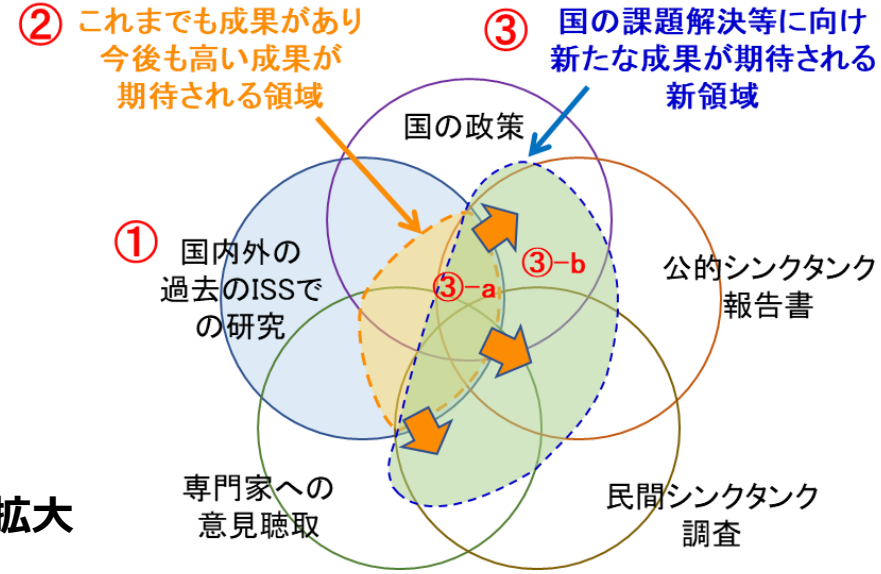


## 今後の低軌道利用（ポストISS含む）の有望領域への拡大

- 「きぼう」利用開始当初の時期（2008～2012頃）は、**微小重力が有効と考えられる各種領域において基礎的な研究を幅広く実施【右図①】**。その後、社会課題解決等で成果が期待される領域に重点化し研究を推進してきた【右図②】。
- 今般、下記の**5つの検討材料を元に分析を実施し、下図のリストに示すを研究領域を抽出した**。今後は、より高いインパクトが期待されるこれらの有望領域【右図③】へと研究を拡大する。

## 有望領域の拡大のイメージ（③-a、③-b ※）

※前頁参照



### <有望領域抽出時の検討材料>

- 国の政策
- 専門家への意見徴収
- 国内外の過去のISSでの研究実績
- 公的シンクタンク報告書
- 民間シンクタンク調査

有望領域  
の抽出

より高いインパクトが  
期待される有望領域へと拡大

## 知の創造、国の課題解決に向けた有望領域の抽出例

### 【生命医科学系】

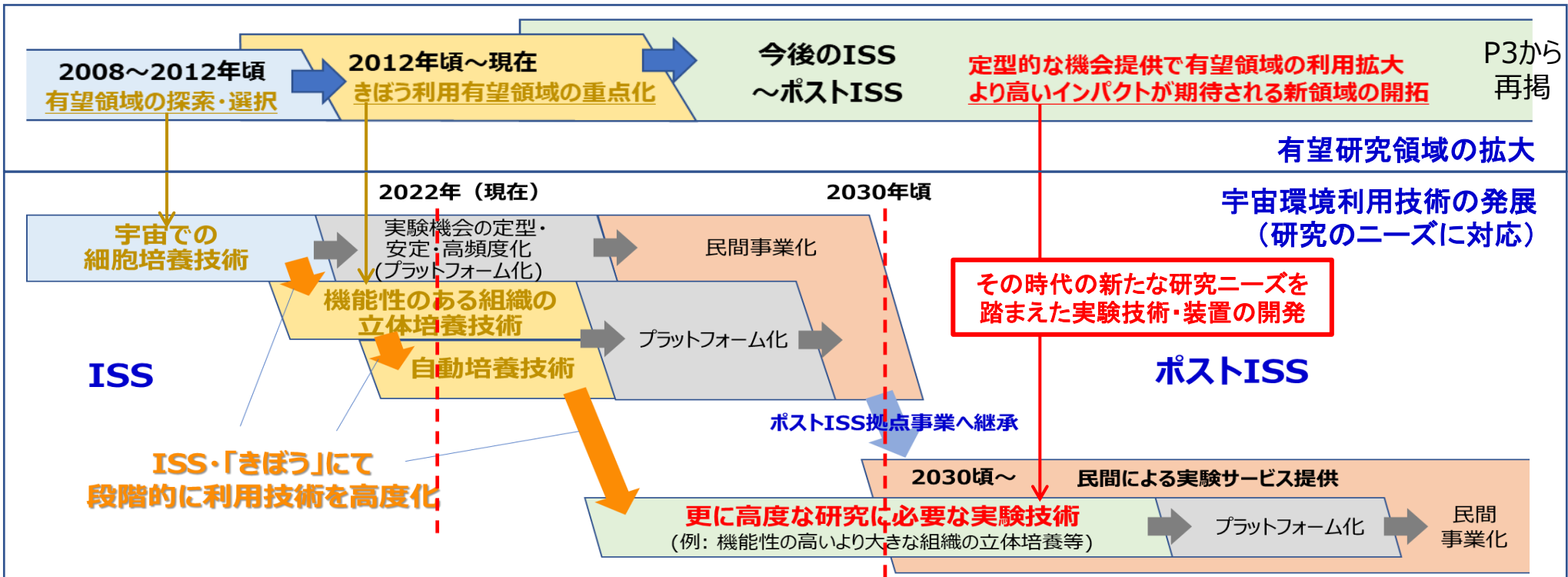
- ✓ 脳・神経
- ✓ 再生医療
- ✓ 老化(筋骨系)
- ✓ 臓器連関
- ✓ 免疫
- ✓ 睡眠
- ✓ 代謝(疾患予防・予測/糖尿病)
- ✓ 炎症
- ✓ 植物工場・食料生産・物質循環
- ✓ 創薬(感染症)
- ✓ 植物由来材料・物質循環

### 【物質物理学系】

- ✓ バイオ材料・物質循環
- ✓ CO2回収・物質循環
- ✓ メカノバイオロジー
- ✓ エネルギー貯蔵・物質循環
- ✓ パワー半導体デバイス・材料創成
- ✓ 元素戦略・結晶成長・材料創成
- ✓ ナノ力学制御(接着・摩擦・修復・成膜)
- ✓ 燃焼
- ✓ ソフトマター・分子技術
- ✓ ナノ医療システム
- ✓ トポロジカル材料、トライポロジー(摩擦・潤滑)

# (1) - 2 技術開発・実証 (B) 国の研究の推進に必要な技術の発展・高度化

- **ポストISSにおいても、国として必要な宇宙環境利用を継続的に実施・発展させるためには、以下の理由から、その実現のために必要となる「高度な宇宙環境利用を可能とする技術の開発の場」を確保することが不可欠。**
  - 今後、P3に示した「より高いインパクトが期待される**新たな領域の研究ニーズの拡大**」に呼応し、それを実現するためには、各研究領域における「**更に高度な研究に必要な実験技術**」の開発を進めることが必須。
  - **日本の宇宙環境利用技術**は、独自の手法の確立等により**優位な分野**であり、継続的な研究開発により、**ポストISSでも優位性を確保・向上していくことが重要**。(ポストISSでも、確立した新たな利用技術は、順次、民間移管・事業化を目指す)
    - ⇒ISS運用期間中に、**ポストISSにおける実験技術獲得や環境構築に向けた取組を進める(次ページ参照)**。



ISSからポストISSへの段階的な技術の高度化のイメージ (米国でも重点的な取組が行われている細胞培養技術の例)

ポストISSでも国として新たな利用技術開発を継続

# 参考：ポストISSに向けた取組：ISSを活用した技術開発・環境構築

- 「**ポストISSで期待される3つの利用環境**（**下図・表の①～③**）」からのバックキャストにより、**ISSにおいて獲得すべき技術や構築すべき環境を識別**。それらの実施により、ポストISSへの利用のシームレスな移管を目指す。
- ポストISSに向け、**新たな民間のアイデアや事業を実現可能な取組みを先行的に実施し、民間利用の更なる促進**を図る。
- 既存の「きぼう」利用環境の拡大・発展に加え、ポストISSにおける新たな研究領域のニーズ（**P3、4参照**）に対応する**新たな利用環境の開発**も実施し、**ポストISSでの産学官による幅広い利用への速やかな移行を加速させる**。

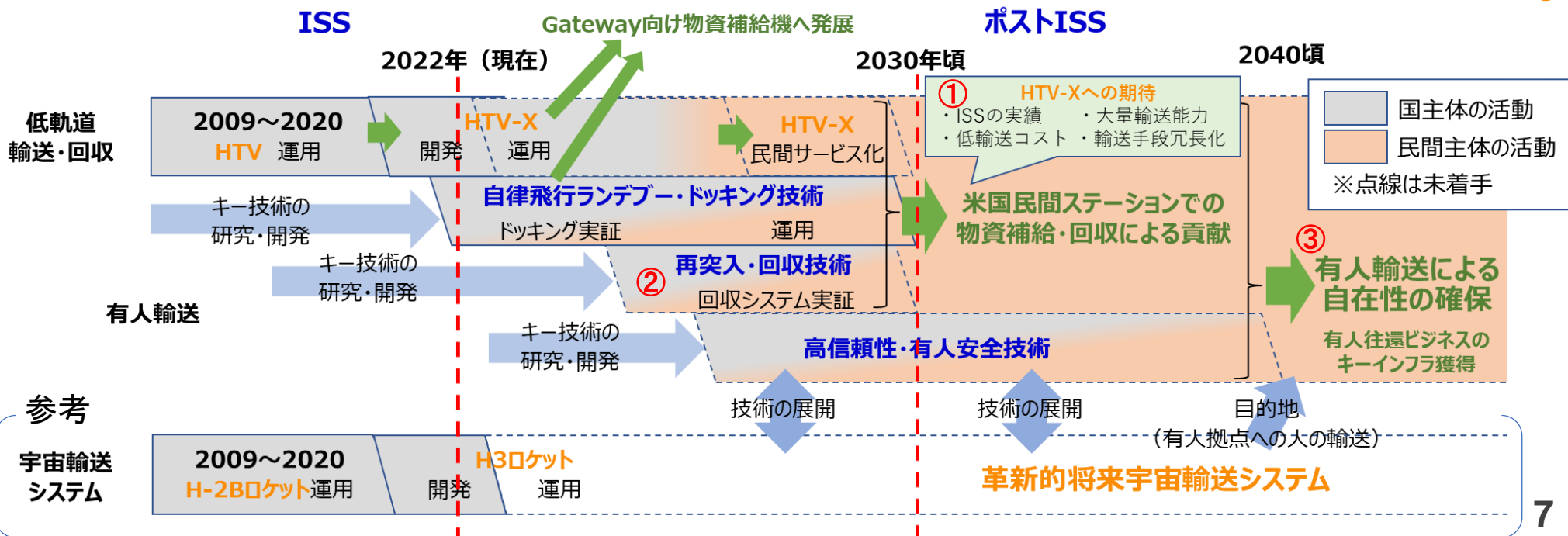


現在の利用環境・技術	ポストISS利用（右記）に向けISSで獲得・向上すべき技術、構築すべき環境	ポストISSで期待される利用環境(例)
「きぼう」全体：種々の実験を可能とする基盤・共通的な技術・環境	モジュール(インフラ)への依存、クレーや運用への負担を低減し、効率的な運用を行うための自動化、ロボット、AI等の技術、小型・可搬化技術、大容量通信など	ポストISSで利用可能な低軌道拠点において、産学官の利用要望を幅広く実現可能な共通インフラとして、個別機器等を短期間で、効率的、高頻度、低コストで利用できること
きぼう利用プラットフォーム：定型的な研究開発基盤	実験環境を標準化・定型化し利用サービスを向上させるとともに、適用範囲を拡大、実験技術を高度化	高付加価値かつ低コスト・低リソースの利用サービス提供によりヘビーユーザ・ビックユーザによる利用が継続されている(上記①)
多目的実験ラック・船外ポート：個別装置搭載環境	先端的・高度な実験要求を実現可能な新規実験装置を短期間で搭載できる環境	我が国独自の先端的な研究や探査等の新たな技術開発が実施され、インパクトの高い成果が引き続き創出されている(上記②)
船内・船外利用環境全般	地上機器等を簡便に持ち込み利用可能とする環境、大容量の通信技術や高精細カメラの装備など	拡大する民間利用に対応、エンタメ等を含む多様な民間アイデアを迅速に実現できる(上記③)

# (1) - 3 輸送／補給、帰還／回収（人、物資、燃料等）

■ 低軌道拠点に接近・接続して人、物資、燃料等を輸送し、回収・帰還させる技術は、宇宙活動に不可欠であり、活動の持続性・自在性の観点から、国の基盤技術として、獲得を推進していくことが非常に重要である。

- **ポストISSの米商業ステーションからも、HTV-Xによる物資輸送による貢献への期待は大きい**（これまでの対話結果による）下図①  
⇒ HTV-Xを活用した**物資補給で重要な役割を担い効果的参画するため、官民連携での戦略的推進が重要**
- **ポストISS時代における低軌道の回収ニーズの拡大**（例：高付加価値品）を見据え、**回収能力の自律性確保の観点から、再突入・回収技術の獲得に向けた取組を進めることが重要**（HTV-Xへの回収機能付加、高頻度回収等）下図②
- **人の宇宙へのアクセスの自律性確保**（国ニーズ）、**有人往還ビジネスのキーインフラ獲得**（民潜在ニーズ）の観点から、**物資補給技術、回収技術を段階的に発展・融合し、有人往還機に関する研究・開発を官民連携で進めることが重要**下図③



## **(2) 利用ニーズを踏まえた地球低軌道における我が国の関与の在り方**

**(2) - 1 活動形態及びそれに向けてのシナリオ**

**(2) - 2 民間活動促進のための支援**

**(2) - 3 他国及び民間との協力枠組み**



## (2) - 1 活動形態及びそれに向けてのシナリオ

- ポストISS活動における活動形態に関し、国内外の状況を踏まえ、**想定され得る大きな4つの方向性について、以下の観点で比較評価**を行った。その結果、**下図(2)**に示した、**「日米企業間連携」を進める日本企業を政府が支援し、産学官が自在に活動できる場の構築**を目指していくことが**最も合理的**と考えられる。【詳細：別紙1参照】

⇒ **日本企業は、ISSで日本が獲得してきた高い技術やノウハウ等を活用して、米商業ステーションに事業の運営主体として参画し、日本政府は、同企業から利用サービス調達する姿を目指すべき。**

### 【比較評価の観点】

- 国としての独自の技術実証・研究等の場の確保
- 効率的な低軌道利用機会の確保
- 日本の低軌道活動関連技術・ノウハウの維持・発展
- 日本の民間企業の自立的な事業運営の実現・進展
- 日本の民間低軌道産業の発展
- 開発にかかるコスト・スケジュールの規模
- ポストISSへのシームレスな移行（連続的な利用機会）

### (1) ※【A-1】

国として、日本独自の  
恒久的な低軌道ステーション  
を建設・運営・利用

ISS相当の機能を持つ拠点全体  
を日本単独で開発・運用

- ◎ 活動の自在性【高】
- ◎ 技術の維持・発展性【大】
- × コスト規模【大】
- × コスト効率【低】
- △ 民間主体活動の進展【難】

### (2) ※【A-2, B-1, B-2】

日米企業間連携により構築  
される活動の場を利用  
(政府が日本企業を支援)

米民間拠点で、日本企業がモジュ  
ールや一定スペースの運用・利用等

- 活動の自在性【中】
- 技術の維持・発展性【中】
- コスト規模【中】
- コスト効率【高】
- ◎ 民間主体活動の進展【可能】

### (3) ※【C】

産官学ともに、  
米民間ステーションから  
利用サービスを調達

自ら開発・運用不要  
利用サービスを必要なだけ調達

- × 活動の自在性【低】
- × 技術の維持・発展性【小】
- ◎ コスト規模【小】
- △ コスト効率【中】
- × 民間主体活動の進展【不可】

### (4) ※【D-1, D-2】

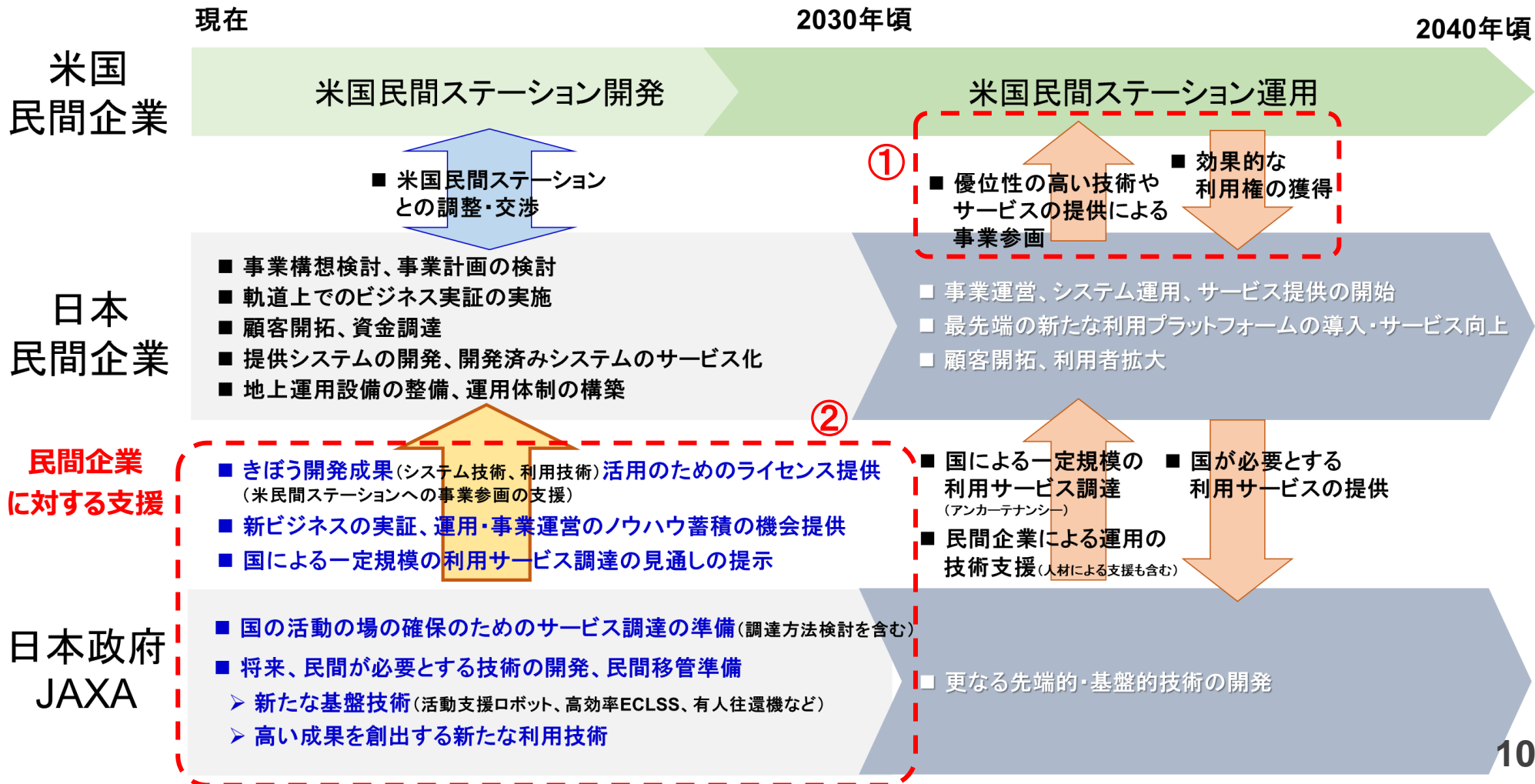
短期滞在型/人工衛星型の  
短期実験・回収システム  
を開発・利用

回収機能付きHTV-X等により  
比較的短期・小規模な利用

- △ 活動自在性【限定的】
- △ 技術の維持・発展性【限定的】
- コスト規模【中】
- × コスト効率【低】
- △ 民間主体活動の進展【限定的】

## (2) - 2 民間活動促進のための支援

- P9に示した【「日米企業間連携」を進める日本企業を政府が支援し、産学官が自在に活動できる場の構築】を目指す場合、官は、「**日本企業の米国民間ステーションへの参画**」および「**効果的な利用権獲得**」に資するため【**下図①**】、ISSの成果および今後のISS利用機会を最大限活用し、**自ら事業主体となる意欲を有する日本企業が必要とする支援【下図②】を早急かつ適時に実施することが極めて重要。**（図は次頁の「d」のケース）



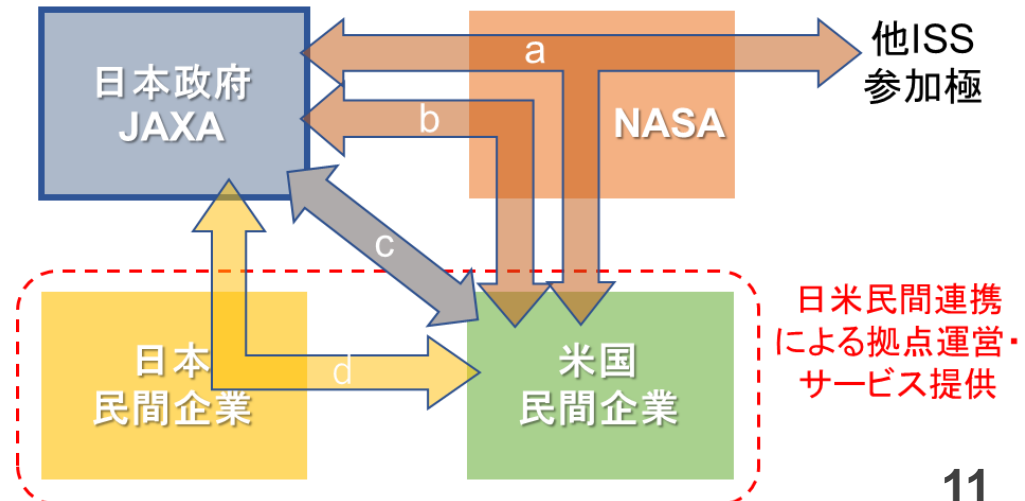
## (2) - 3 他国及び民間との協力枠組み

- P9に示した【「日米企業間連携」を進める日本企業を政府が支援し、産学官が自在に活動できる場の構築】を目指す場合、協力枠組みの検討・調整に当たっては、**参画する日本企業の事業成立性や事業拡大ポテンシャルの観点、日本政府による日米連携の重要性の観点**等も踏まえ、**日本にとって有意義で合理的な形態を追求・調整していくことが重要**。

- 日米民間企業の連携により拠点運営が行われる場合、**日本の民間企業等による商業利用は、日米民間企業間の枠組み(右下図の赤点線枠)による実施が妥当**。
- **JAXAを含む日本政府による利用は、複数の枠組みが想定される(代表例：下表参照(a~d))**。
- 日本の民間企業が拠点運営やサービス提供事業者として参画する場合、**以下のケースやそれらの組み合わせが想定される**
  - **基本的に、日本企業の事業性の観点から、同企業を経由して利用サービスを受ける「d」が望ましい**。
  - 一部の利用(例：国の宇宙飛行士の軌道上訓練等)は、**NASA経由の「a」または「b」が望ましい場合もあり得る**(NASA主導のISS参加各極作業部会にJAXAが参加し議論中。下記の例も含め、合理的な枠組みにつき検討予定)

ケース	
a	ISSと同様のNASAを中心とした多極間の枠組みによる米国民間ステーションの利用
b	NASAと日本政府の間での2国間の枠組みによる米国民間ステーションの利用
c	日本政府と米国民間ステーションとの直接契約による利用
d	米国民間ステーションに参画する日本民間企業を通じた利用

日米企業連携による拠点運営がなされる場合の枠組み例



### (3) まとめ

- 「**ポストISSにおいて想定される国による利用分野**」について、前回の提示した内容も含めまとめると、以下の各観点において、**ポストISS時代においても引き続き国としての利用ニーズが見込まれる**ため、**国として必要な低軌道有人宇宙活動を推進していくべき**である。

- 人材育成
- 国際宇宙協力・外交
- 技術開発・実証
- 科学実験（知の創造、社会的課題解決）
- 輸送／補給・帰還／回収（人、物資、燃料等）

- 「**利用ニーズを踏まえた地球低軌道における我が国の関与の在り方**」については、以下のよう  
ように考える。引き続き検討を深めていくことが重要である。

- **ポストISS活動の形態・方向性:**

日本政府が「日米企業間連携」を進める日本企業を支援し、日本企業が米商業ステーションに事業の運営主体として参画することで、産学官が自在に活動できる場の構築を目指していくことが最も合理的。

- **民間活動促進の支援:**

官は、民と連携し、ISSの成果および今後のISS利用機会を最大限活用し、自ら事業主体となる意欲を有する日本企業に対する支援を早急かつ適時に実施することが重要

- **ポストISS活動における協力枠組:**

参画する日本企業の事業成立性や事業拡大ポテンシャルの観点、日本政府による日米連携の重要性の観点等も踏まえ、日本にとって有意義で合理的な形態を追求・調整していくことが重要

# 別紙 1 参考：ポストISSの活動形態の方向性の比較

	ポストISS活動の方向性	利点	欠点
(1)	国として、日本独自の恒久的低軌道ステーションを建設・運営	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎運営方針を我が国の裁量で決められ、産学官が自在な活動を展開可能</li> <li>◎きぼうで獲得した技術の維持・発展、新たな技術の獲得などが見込まれる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>×新規開発要素も含めすべて自国開発となり、コストとスケジュールが大きな課題</li> <li>×国際協力での分担によるスケール効果が出ず、コストパフォーマンスが悪い</li> <li>△民間主体の活動への移行の進展が難しい</li> </ul>
(2)	日米企業間連携により構築される活動の場を利用 (政府が日本企業を支援) (日本として自由度の高いモジュールやスペースの確保)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○国際協力でコスト効率良く利用機会確保が可能</li> <li>○日本として独自の装置設置等ができ、一定の自由度を持った活動が可能。</li> <li>○きぼうで獲得した運用・利用技術が、日本企業の活動を通じて維持・発展可能。</li> <li>◎日本企業による自立的な事業・運営により、民間が利益を得る形で成長可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>△規模により、開発コストが課題となる可能性 ⇒活動規模や民間投資次第で可能性あり</li> <li>△米ステーション構想の進展状況、日米企業間の協力の枠組等み等が未確定。 ⇒今後の進展により明確化が期待。相手方を限定しない協力模索によりリスク低減可</li> </ul>
(3)	産官学ともに、米国民間ステーションで提供される米国企業のサービスを利用 (日本企業参画なし)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎自らの運用が必要がなく、必要な際に必要な利用サービスを調達するため、費用の抑制が可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>×日本の運用技術・ノウハウが失われる。</li> <li>×国としての独自の技術実証・研究、国際プレゼンス発揮などの機会を失う</li> <li>×低軌道活動の産業規模が拡大しても、日本企業が利益を得られない</li> <li>△海外依存度が高く、活動の自律性が低い</li> </ul>
(4)	短期滞在型/人工衛星型の短期実験・回収システムを開発・利用 (HTV-Xの活用等)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○HTV-Xの改良等により、恒久ステーション建設より小規模なコストで実現可能。</li> <li>△一部分野や機能に限り、日本独自の装置設置等ができ、一定の自由度を持った活動が可能。</li> <li>△一部分野や機能に限り、技術やノウハウの維持斑点が可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>×毎回全システム打ち上げ・回収が必要であり、運用コスト効率が悪い</li> <li>△民間主体活動も可能であるが分野や規模が限定的</li> </ul>