

# 宇宙輸送の技術ロードマップ（詳細版） （公開用）

2026年3月

宇宙航空研究開発機構  
研究開発部門

1. 技術ロードマップ（詳細版）の目的	．．． 3
2. 主要マイルストーン	．．． 6
3. 宇宙輸送システムのシステムロードマップ	．．． 7
4. 主要技術のロードマップ	．．． 8
4.1 H3高度化～次期基幹ロケット	．．． 9
4.2 民間ロケット（小型ロケット）	．．． 18
4.3 民間主導による新たな宇宙輸送システム	．．． 21
4.4 自立性確保のための部品の安定供給	．．． 30

# 1. 技術ロードマップ（詳細版）の目的

研究開発部門第四研究ユニットでは、政府の宇宙基本計画・宇宙技術戦略に基づく「宇宙輸送の技術ロードマップ（詳細版）<sup>(注1)</sup>」を策定している。これは、国・民間企業・大学等との継続的な対話と意見交換等を踏まえ、1年に1回程度の頻度でローリング(改訂)しているものである。その目的は以下のとおり。

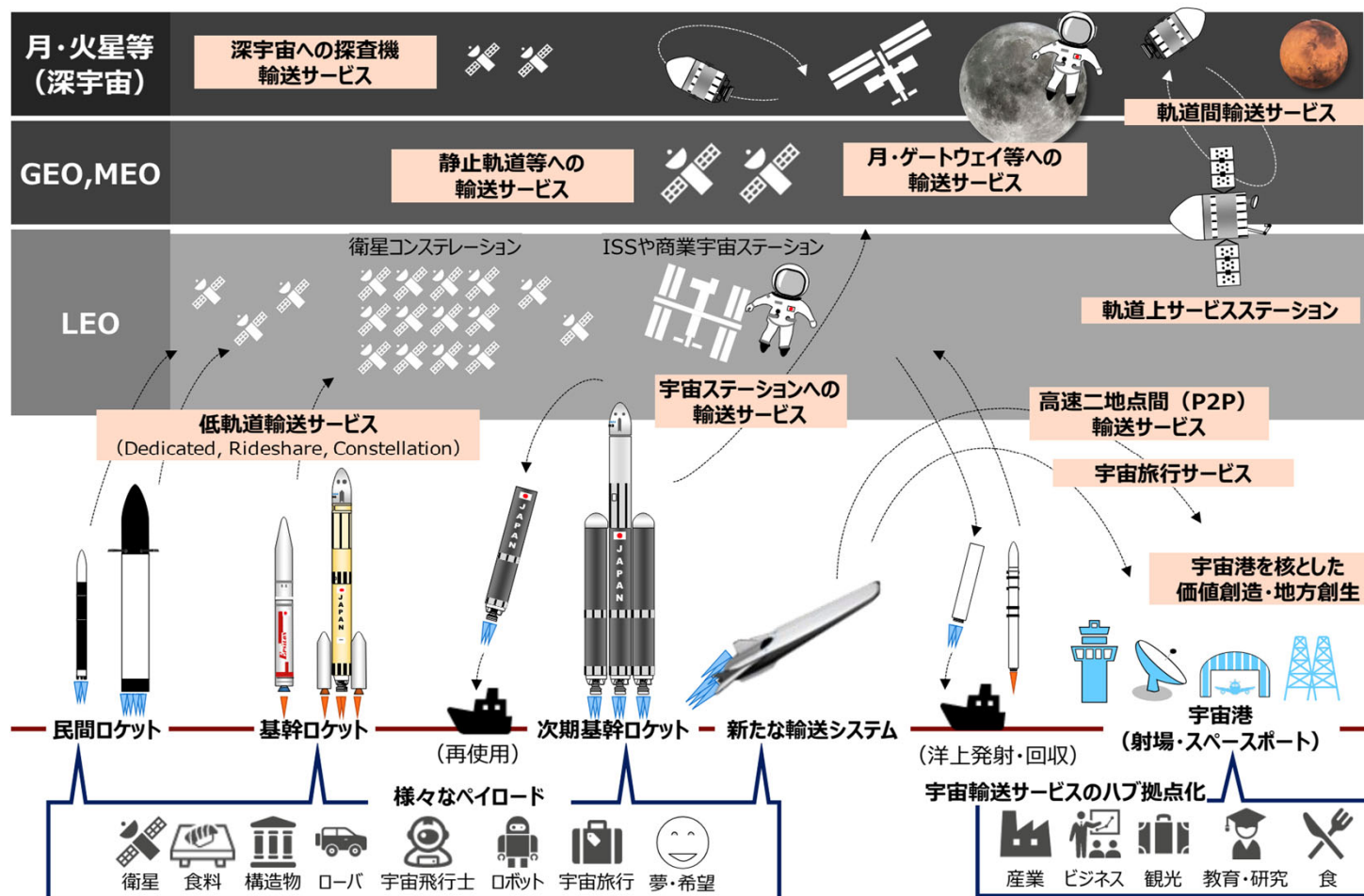
- ◆政府の宇宙基本計画・宇宙技術戦略などを踏まえてアップデートし、**勝ち筋を見据えた宇宙技術戦略を実現していく補助的なツール**とすること。
- ◆宇宙輸送事業者等の動向や要望を踏まえて、**官民双方の技術ニーズを可視化**すること。また、これを**官民で共有**してJAXAのオープンイノベーション共創体制につなげ、民間による研究開発を後押しすること。
- ◆宇宙輸送事業者以外に**広く産業界やアカデミアとも共有**し、技術シーズの発掘や、宇宙分野以外の事業者・投資家等の新規参入を促進すること。

(注1) 「宇宙技術戦略」（宇宙政策委員会）が示す「宇宙輸送の技術ロードマップ」（P5に参考掲載）と区別するため、「（詳細版）」と呼ぶ。

# 1. 技術ロードマップ（詳細版）の目的

## 【参考】宇宙輸送の将来像

「宇宙技術戦略」（令和7年度改訂）、P76より引用



「将来にわたって、宇宙へのアクセスを確保し、拡大する宇宙利用に対応していくためには、宇宙輸送システムを担う事業者が、事業の継続性と成長性を確保できることが必須である。」

（「宇宙基本計画」（令和5年6月13日閣議決定）、P8より引用）

# 1. 技術ロードマップ（詳細版）の目的

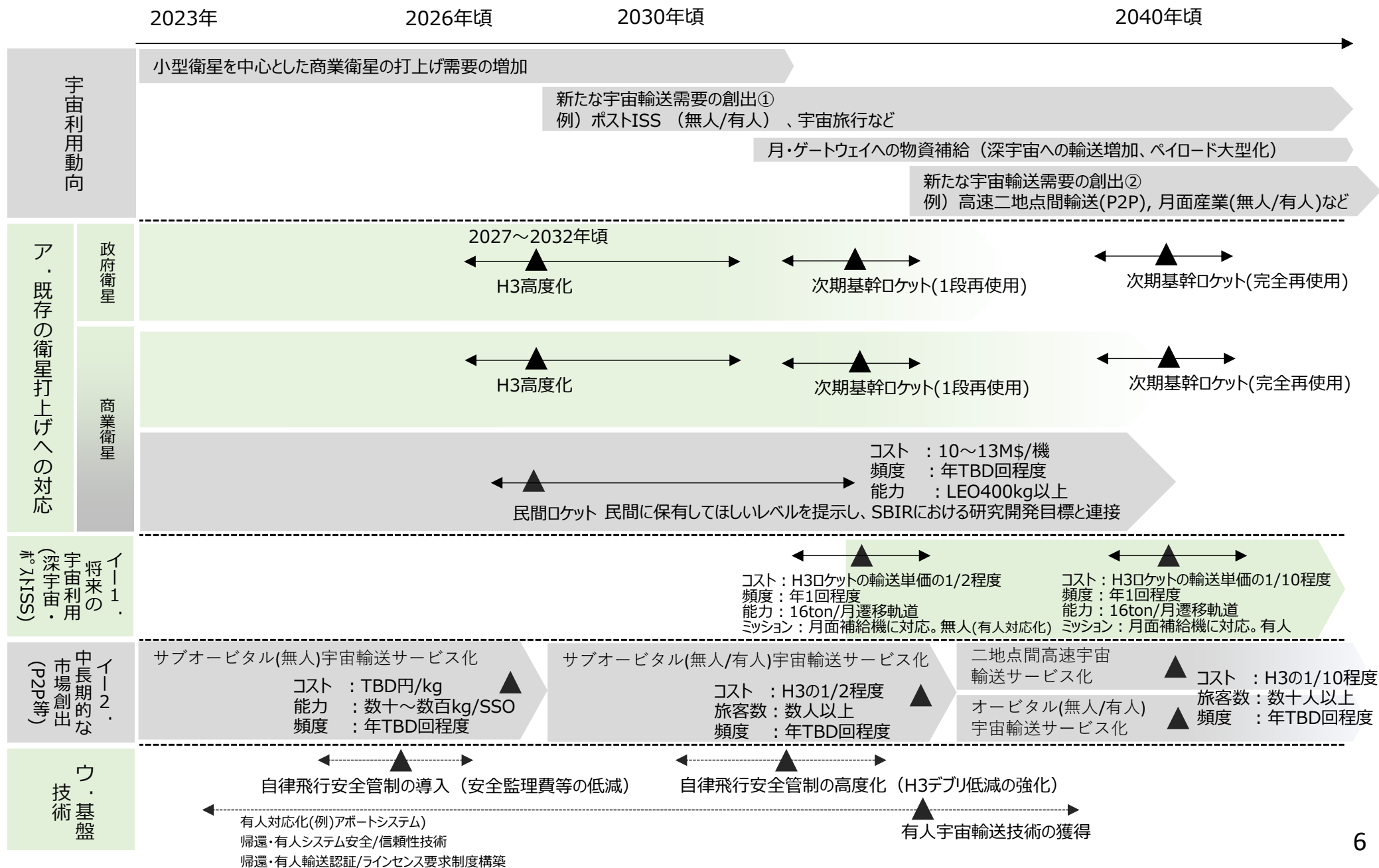
## 【参考】宇宙輸送の技術ロードマップ

「宇宙技術戦略」（令和7年度改訂）本文P103より引用

	2023~2027	2028~2032	備考
<b>世界における技術開発の見通し</b>	(世界)民間企業を中心としたロケットの開発 (米)(中)超大型ロケットの開発 (印)(欧)有人輸送技術の開発 宇宙輸送サービスの高度化（より安価に、より大きなものを、高頻度に輸送） (米等) サブオービタル飛行等による宇宙旅行の進展 (世界)宇宙港の整備	宇宙輸送ネットワークの拡大（月ゲートウェイ、月面、火星等への輸送） 宇宙輸送ルートの多様化（高速二地点間輸送、軌道間輸送ネットワーク）	<b>凡例</b> 
<b>我が国における技術開発の見通し</b>	基幹ロケット（H3ロケット、イプシロンSロケット）の運用と高度化 次期基幹ロケットの開発・実証 民間ロケットの開発 民間ロケットによる輸送サービスの商用化・海外展開 サブオービタル飛行・軌道間輸送等、新たな宇宙輸送システムの開発 国内の民間射場・宇宙港の活用 <b>構造系技術（3D積層、複合素材成型技術等）</b> 性能向上・低コスト化を目指した技術開発 <b>推進系技術（メタエンジン、デトネーションエンジン、IP*リーディングエンジン、固体モータ量産化技術等）</b> 低コスト・軽量な高性能エンジン研究開発 固体モータ主要材料の量産化のための技術開発 <b>その他の基盤技術（自律飛行安全、再使用型ロケット技術、洋上回収技術、製造プロセスの刷新等）</b> 再使用型ロケット技術の研究開発 1段目再使用を目指した帰還技術実証 回収システム等の地上系技術開発 自律飛行安全関連技術開発 製造プロセスの刷新 打上げ運用の効率化・高度化技術 <b>輸送サービス技術（複数搭載技術等）</b> 輸送サービス技術の獲得に向けた民間ロケット打上げ実証 <b>軌道間輸送技術、有人輸送技術等</b> 環境制御・生命維持装置の基盤技術、異常検知や緊急退避の基盤技術 有人輸送技術の研究開発 再突入における熱防護技術 <b>射場・宇宙港技術</b> 打上げシステムの洋上活用技術 射場設備や打上げ運用・管理等のスマート化に係るシステム技術 汎用射場設備の検討(F/S) <b>宇宙輸送に係るサプライチェーンの強化・維持</b> 輸送部品・コンポーネント等の開発	単位質量当たりの打上げコストH3ロケットの1/2程度 次期基幹ロケットの運用 民間主導での飛行実証 2040年代前半に単位質量当たりの打上げコストH3ロケットの1/10程度 2040年代前半に単位質量当たりの打上げコストH3ロケットの1/10以下 2030年代後半：宇宙空間での輸送ネットワークの構築、有人輸送・宇宙旅行の実用化	

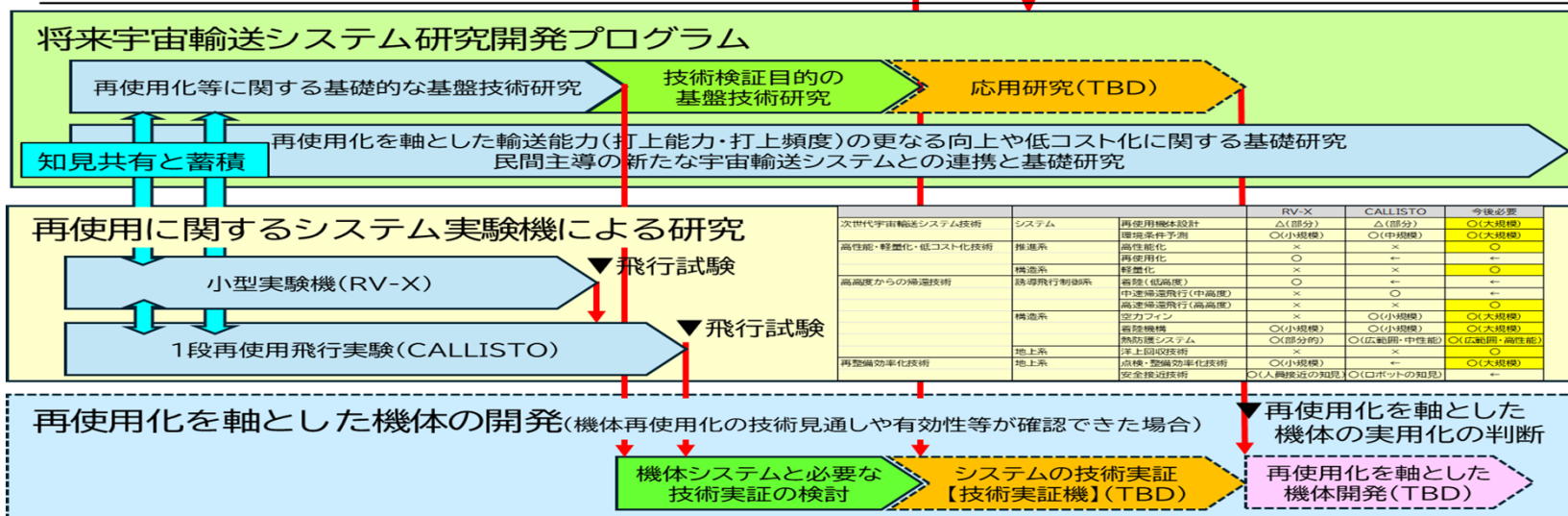
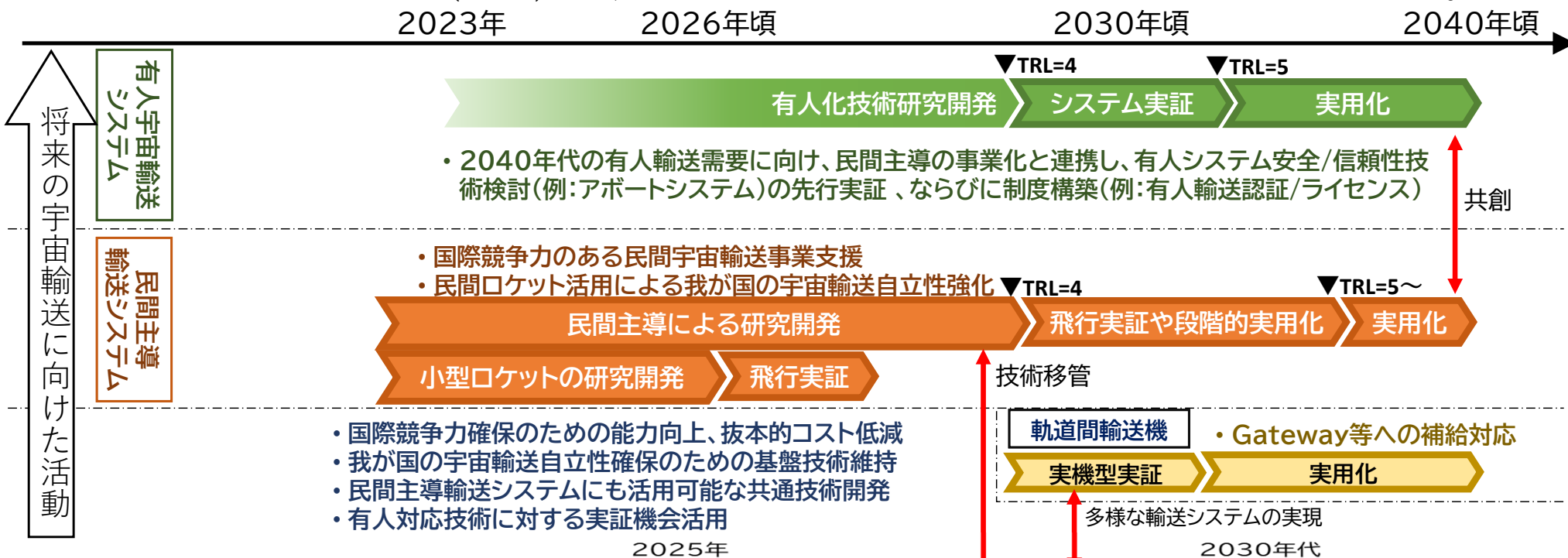
# 2. 主要マイルストーン

- 各マイルストーンは、**世界の動向や事業者の声を踏まえて設定**する。なお、すべてJAXA調べに基づく仮定である。
- また、**陳腐化しないよう**国内外の政策や需要、技術動向等を踏まえつつ、**継続的に見直す**。



# 3. 宇宙輸送システムのロードマップ

前ページの主要マイルストーンをもとに設定した、宇宙輸送システムのロードマップを示す。後述の技術ロードマップ（詳細）は、このシステムロードマップを踏まえたものである。

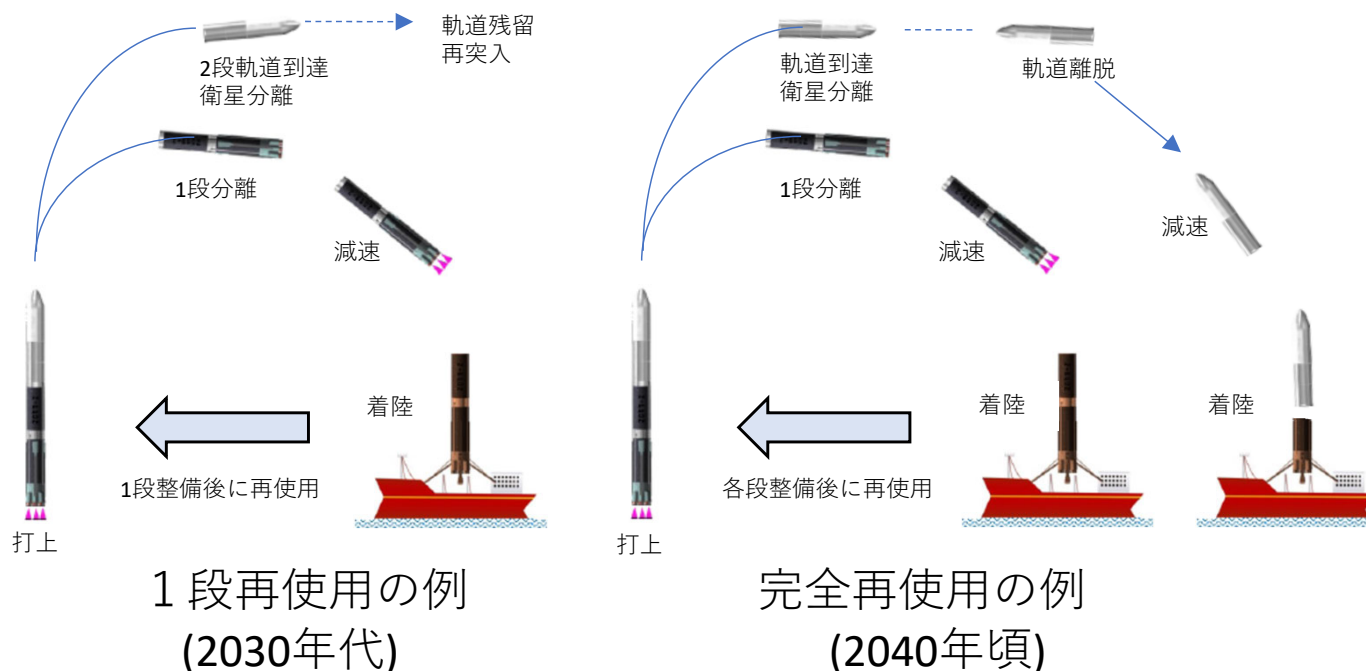


# 4. 主要技術のロードマップ

4. 主要技術のロードマップ	・・・ 8
4.1 H3高度化～次期基幹ロケット	・・・ 9
4.2 民間ロケット（小型ロケット）	・・・ 18
4.3 民間主導による新たな宇宙輸送システム	・・・ 21
4.4 自立性確保のための部品の安定供給	・・・ 30

## 次期基幹ロケットのシステム例

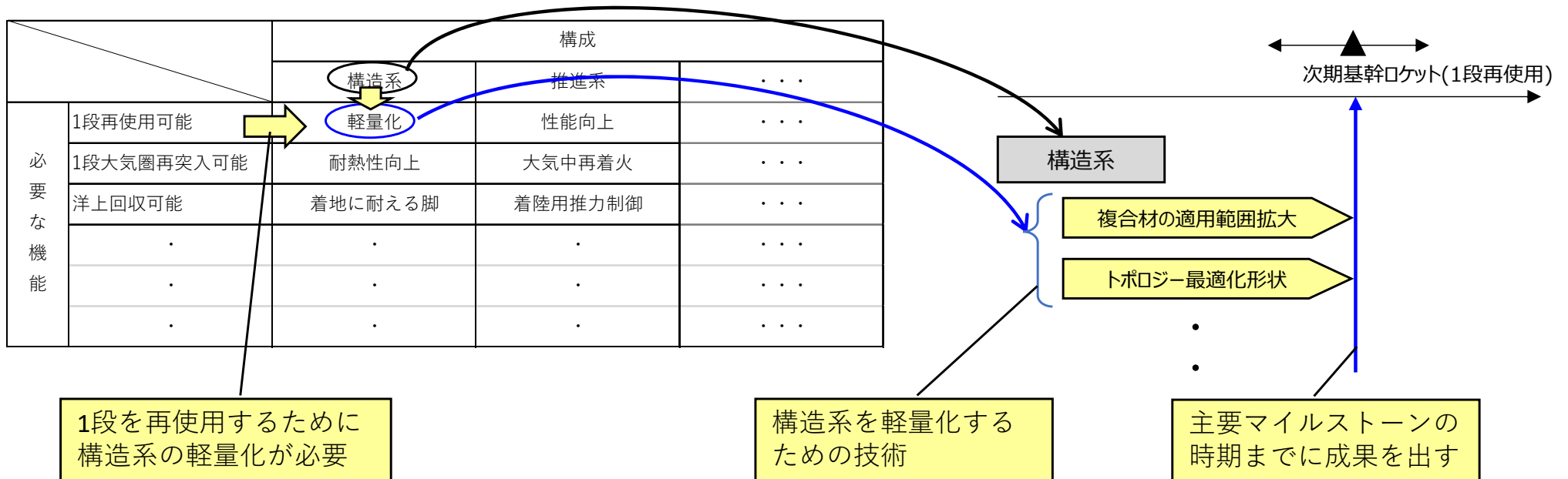
- 積層造形法(Additive Manufacturing)等の新技術による**製造費の低減**に加えて、第1段機体を繰り返し使う**1段再使用化**によって**輸送価格の大幅な低減**を図る。
- さらに、民間主導による新たな宇宙輸送システムの要素技術開発が進むことで、熱防御技術、上段回収のための誘導制御技術等を獲得し**第2段機体を含めた完全再使用化**を目指す。また、民間主導による新たな輸送システムが実用化され機体が量産される際には、部品の共通化等による**量産効果**による**製造費のさらなる低減**が期待できる。
- 製造工程が不要となる**機体の再使用化**と、再使用前の**点検・整備作業の効率化**による**再打上げ期間の短縮化**により、**輸送頻度の向上**を図る。
- 次期基幹ロケットの基準形態に対し、**液体ロケットブースタ(Liquid Rocket Booster)**を追加で装着し、**輸送能力の向上(大型ペイロードの打上)**を図る。なお、1段・LRBを再使用せずに使捨て型として使用することによって輸送能力はさらに向上する。



## H3高度化～次期基幹ロケットに関する主要技術ロードマップの考え方(1/2)

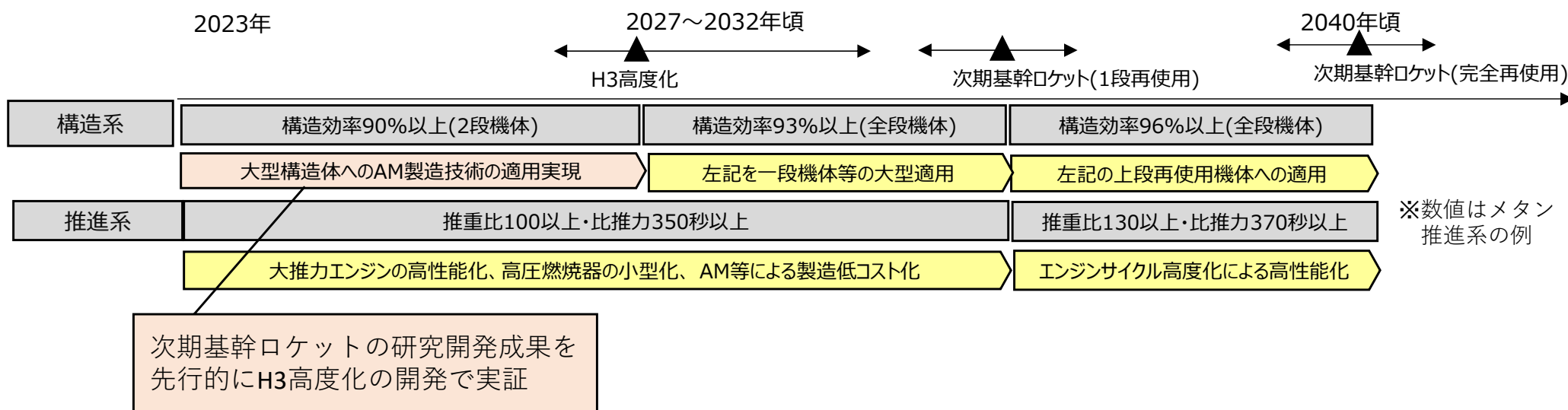
- 輸送価格等の主要マイルストーンを実現する宇宙輸送システムの例に対し、**必要な機能と機構を整理・細分化**して、サブシステムや機器レベルで達成すべき**技術項目を抽出**した。抽出された技術項目について**主要マイルストーンの目標時期に応じて必要時期を設定**し、ロードマップを作成する。
- 例えば、輸送価格の低減手段である1段再使用化のためには、機体の軽量化や推進性能(燃費)の向上等が必要であり、機体の軽量化のためには低温タンクのカーボン複合材化等の技術項目が抽出される。技術項目の技術成熟度(TRL)を必要時期までに向上させるスケジュールとして技術ロードマップが作成できる。

### 次期基幹ロケットの項目抽出とロードマップへの展開イメージ



## H3高度化～次期基幹ロケットに関する主要技術ロードマップの考え方(2/2)

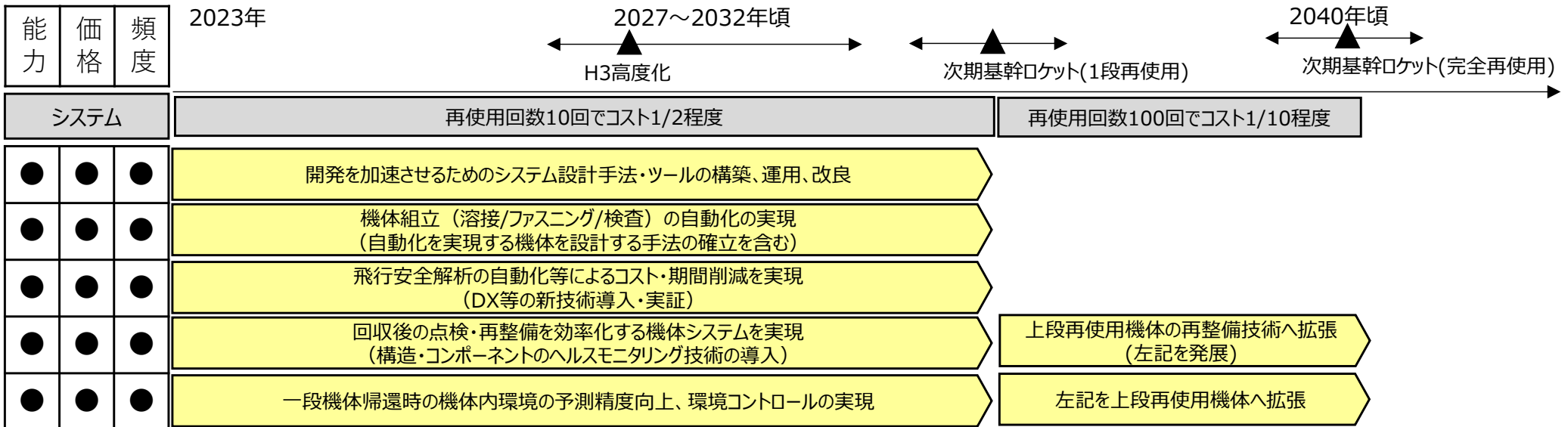
- 基幹ロケットとしての自立性を確保するため重要な官需や国際協力ミッションを確実に打ち上げるための対応力を強化するとともに、需要の変動が激しい民需の国際競争においての強みを有するため、**スピードを持った研究開発**が肝要である。
- このため、抽出された技術ロードマップについて2030年～2040年頃までを俯瞰し、早期に実現できる技術事項については、**事前の技術実証を兼ねて、現行の基幹ロケットへの適用等を考慮**する。
- 例えば、**次期基幹ロケットに関する研究開発成果の一部をH3ロケット高度化開発に活用**することや、**H3ロケット高度化の2段機体に関する開発成果を次期基幹ロケットの2段機体として活用**などを考慮する。これにより、H3ロケット高度化と次期基幹ロケットに関する研究開発を効率的かつシームレスに推進していく。



H3高度化と次期基幹ロードマップの関係の例

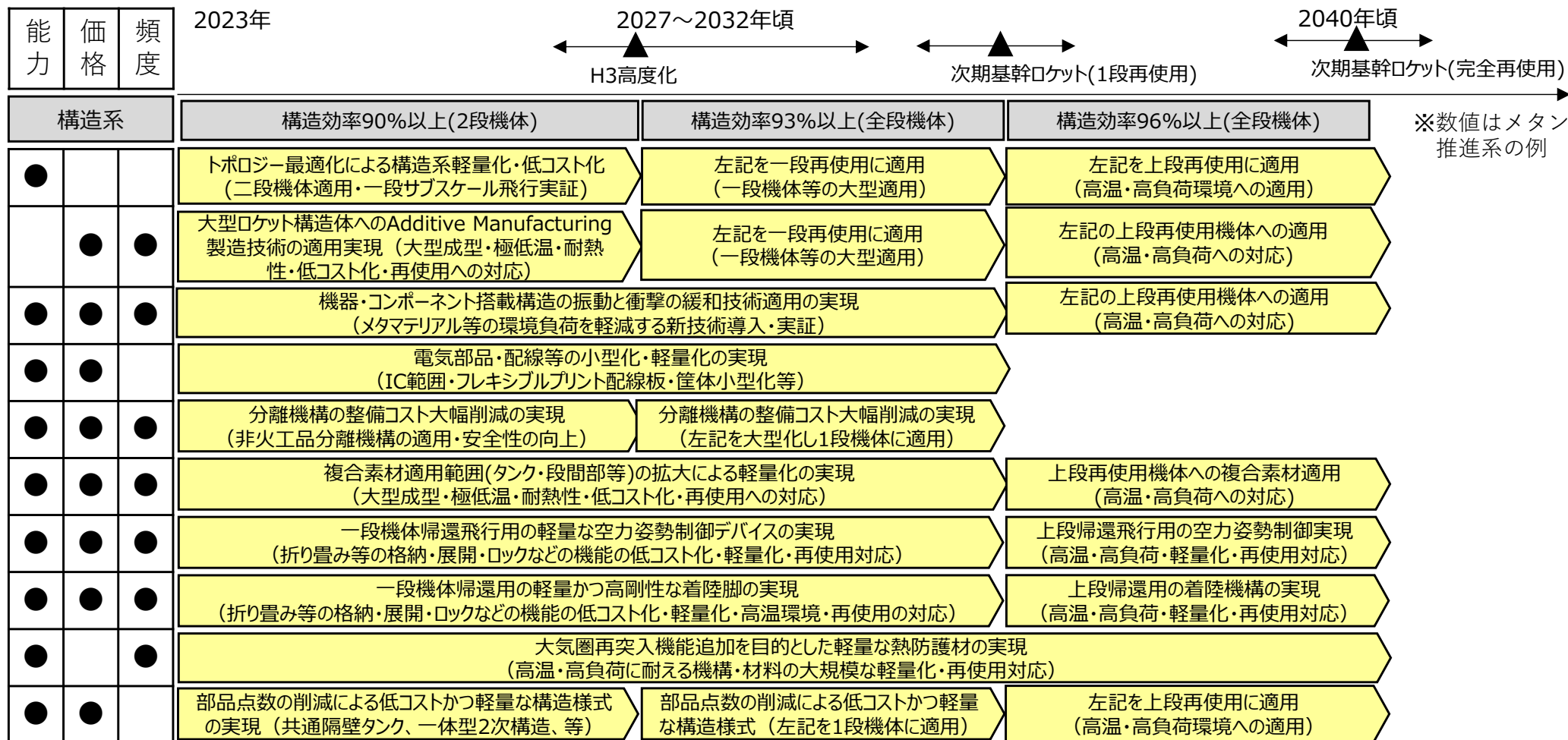
# 4.1 H3高度化～次期基幹ロケット(4/9)

## H3高度化～次期基幹ロケットに関する主要技術ロードマップ詳細(1/6)



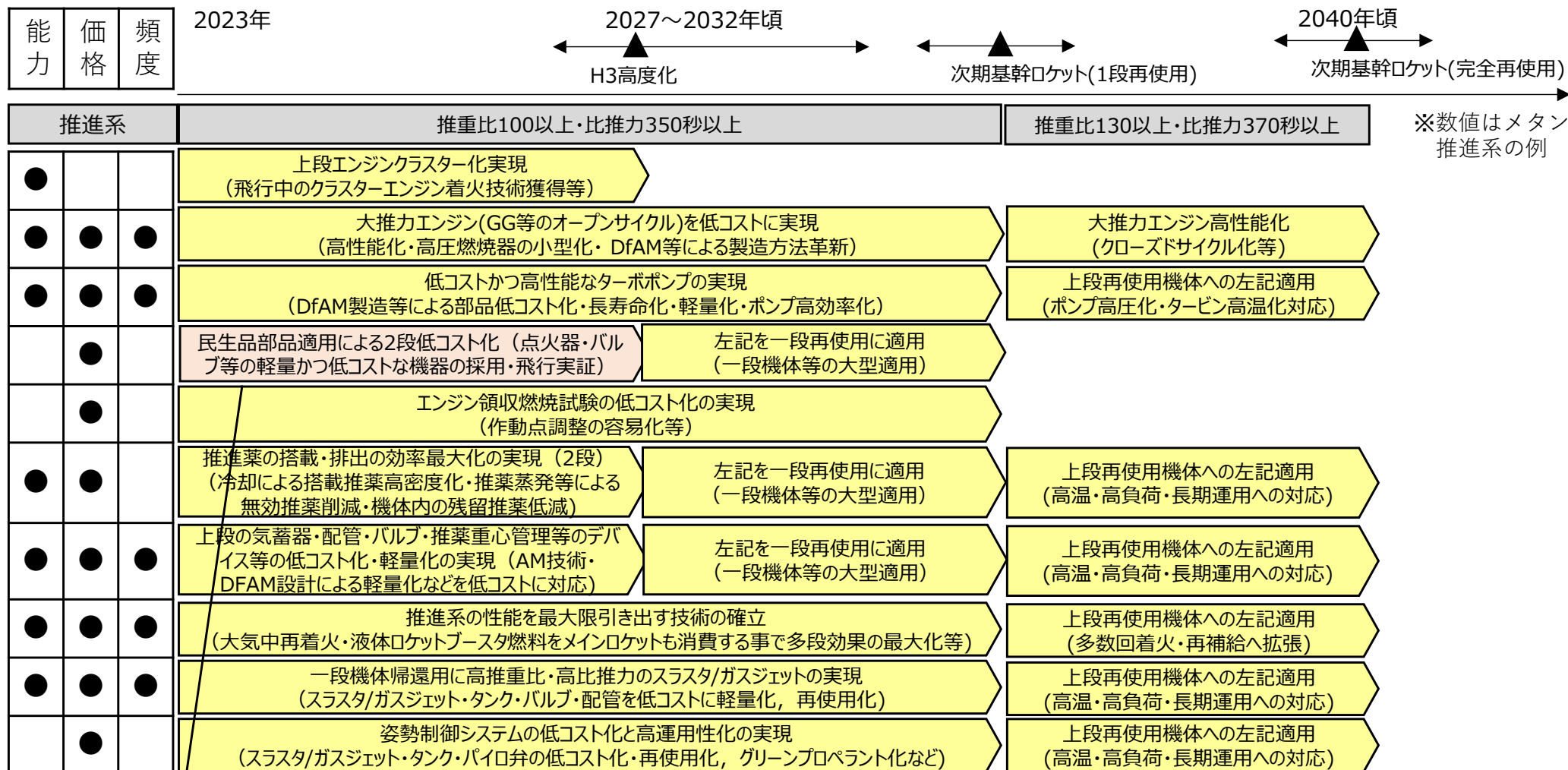
# 4.1 H3高度化～次期基幹ロケット(5/9)

## H3高度化～次期基幹ロケットに関する主要技術ロードマップ詳細(2/6)



# 4.1 H3高度化～次期基幹ロケット(6/9)

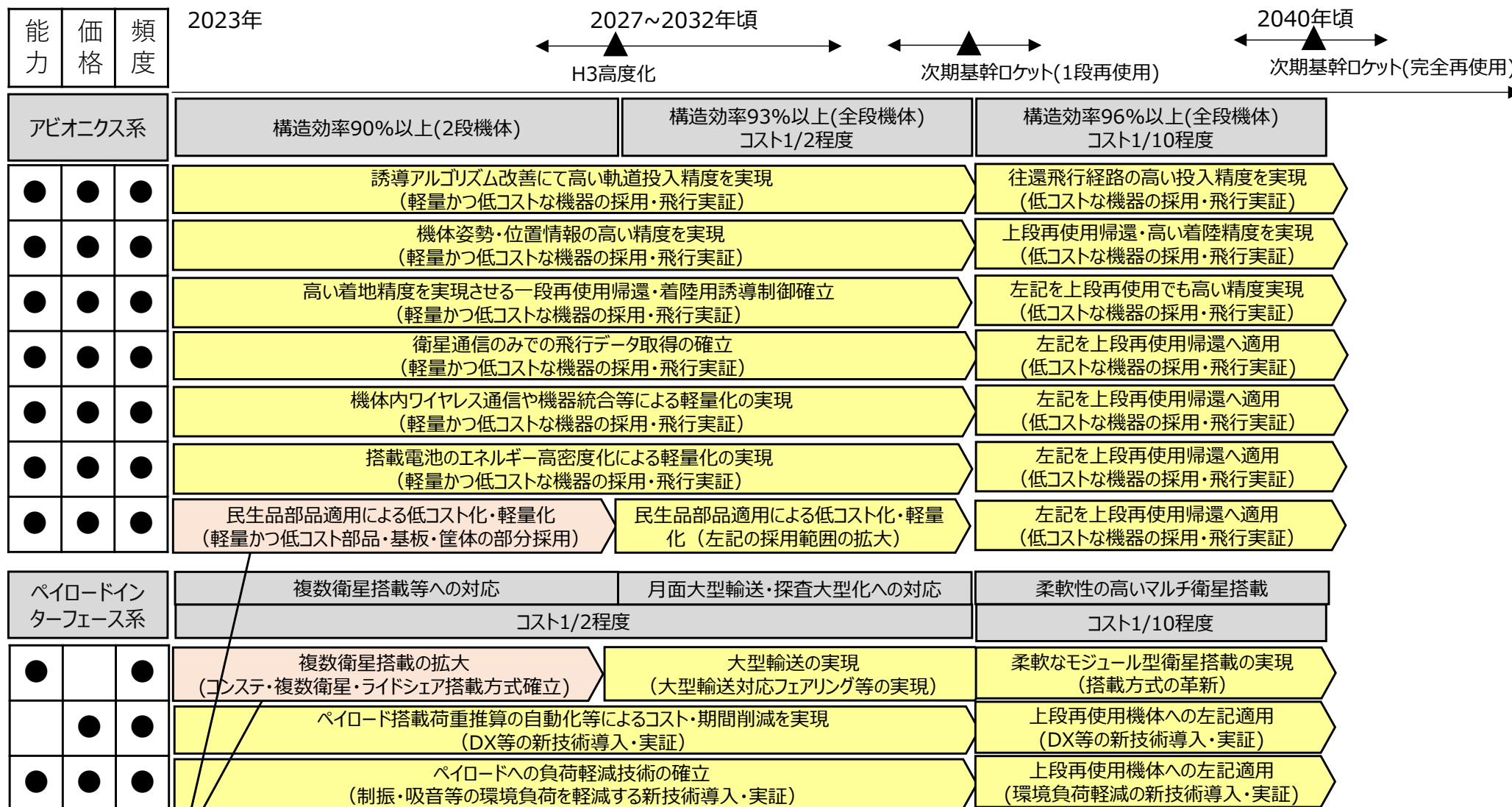
## H3高度化～次期基幹ロケットに関する主要技術ロードマップ詳細(3/6)



次期基幹ロケットの研究開発成果を  
先行的にH3高度化の開発で実証

# 4.1 H3高度化～次期基幹ロケット(7/9)

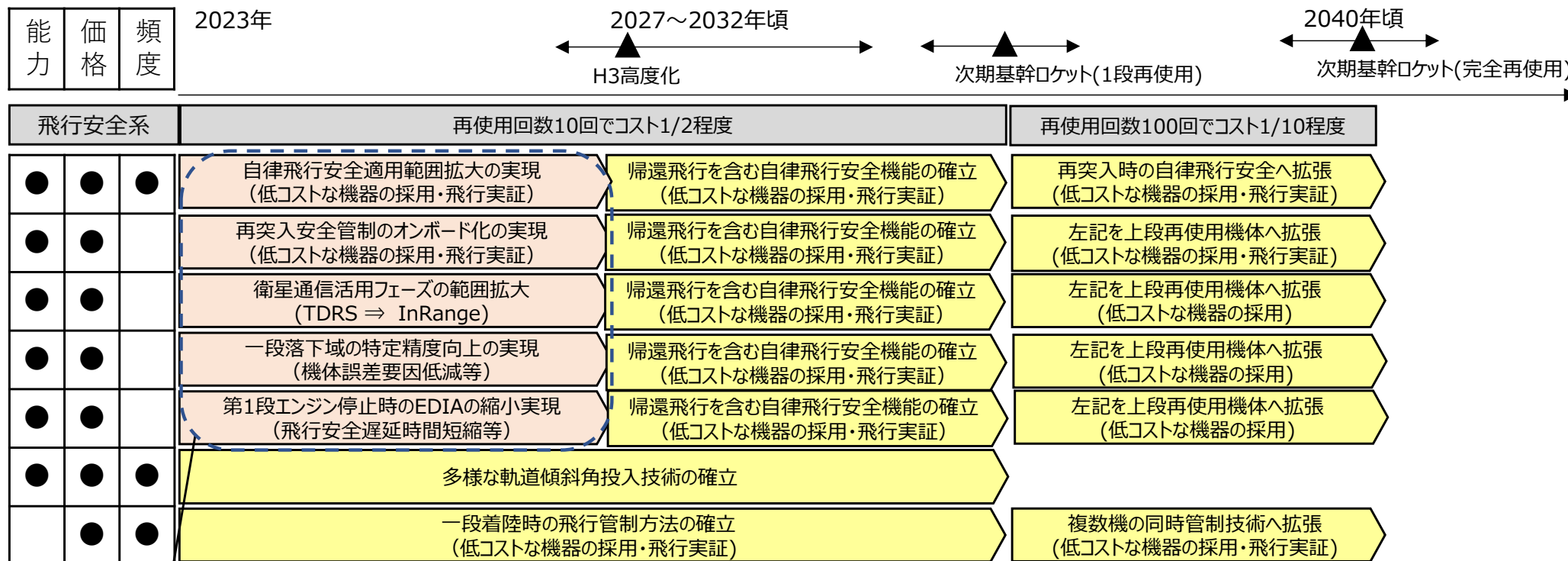
## H3高度化～次期基幹ロケットに関する主要技術ロードマップ詳細(4/6)



次期基幹ロケットの研究開発成果を  
先行的にH3高度化の開発で実証

# 4.1 H3高度化～次期基幹ロケット(8/9)

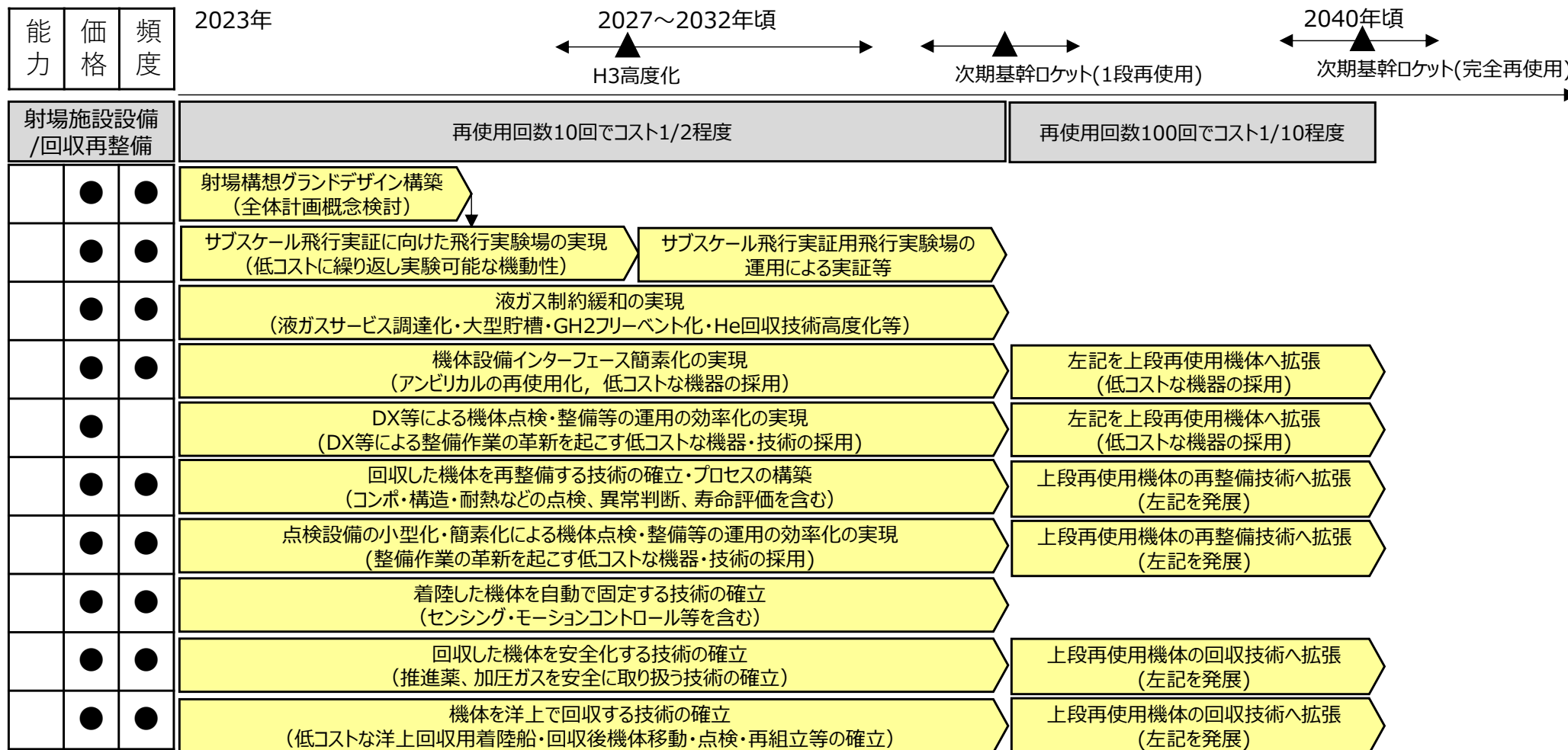
## H3高度化～次期基幹ロケットに関する主要技術ロードマップ詳細(5/6)



次期基幹ロケットの研究開発成果を  
先行的にH3高度化の開発で実証

# 4.1 H3高度化～次期基幹ロケット(9/9)

## H3高度化～次期基幹ロケットに関する主要技術ロードマップ詳細(6/6)



### 民間ロケット(小型ロケット)のシステム例

- 近年、我が国では**宇宙輸送に挑戦するStart Up(SU)企業が複数社**生まれてきており、地球周回低軌道への小型ペイロードを輸送することを旨とした小型ロケットの研究開発が推進されている。
- 世界的に打ち上げ需要が一層高まり、宇宙輸送市場の国際競争が激化している状況下において、小型ロケットについては、**民間の活力を生かして主要マイルストーン案に定める時期までに実現**する進め方が効率的である。
- このため、低コストな宇宙輸送システムの開発・飛行実証を行う**SU企業を支援**することとし、2027年以降の市場獲得を見据え、更なる低コスト化や機能向上等のための技術開発に取り組むことを推奨する。
- 上記支援を通じて、国際競争力ある革新的宇宙輸送システムの開発・事業化はもちろん、宇宙輸送分野の人材流動性を向上させること等により、**我が国の宇宙産業の発展と、宇宙活動を支える総合的基盤の強化**を図る。



スペースワン社HPより



インターステラテクノロジズ社HPより



将来宇宙システム社HPより

宇宙輸送に挑戦するStart Up企業による小型ロケットシステムの例

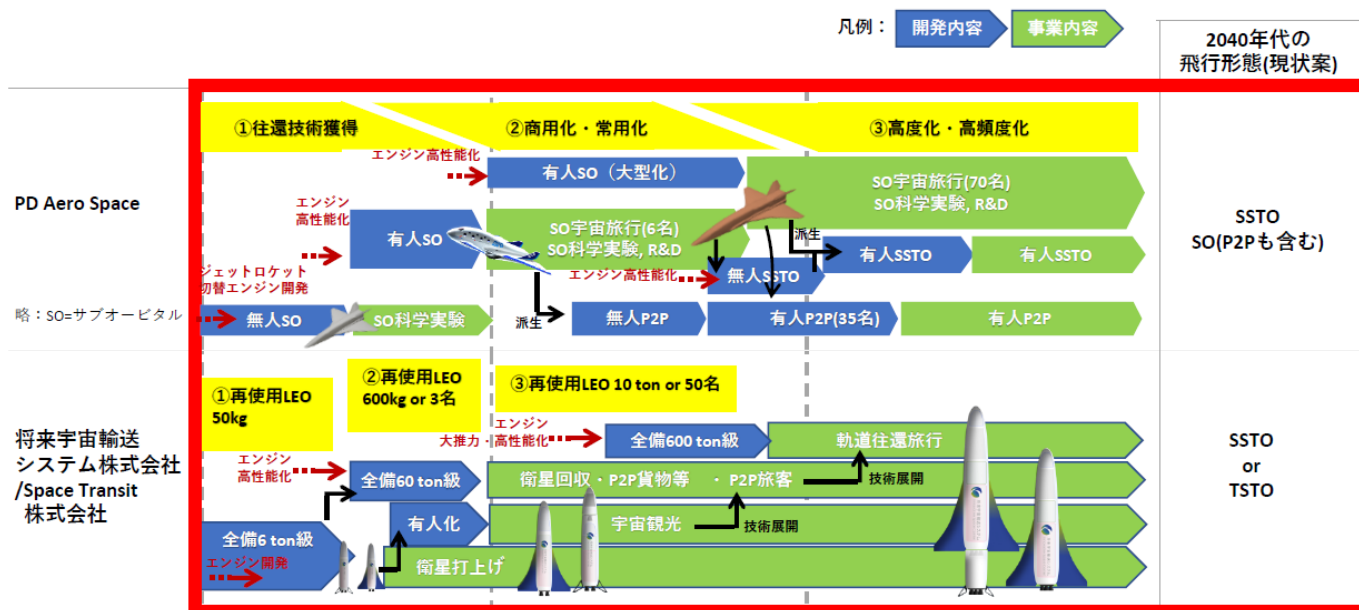
### 民間ロケット(小型ロケット)に関する主要技術ロードマップの考え方

- 2027年以降の市場獲得を見据えて、更なる低コスト化や機能向上等のための技術開発を促進するために、低コストな宇宙輸送システムの開発・飛行実証を行う**スタートアップ企業（SU企業）を支援**する。
- 固体ロケットに比べて性能が高く、ロケットの飛行中の軌道誤差を修正する為にエンジンの噴射時間を任意に調整できる液体ロケットエンジンのうち、特に推進剤コストが安く、取扱性・安全性に優れる**液化天然ガス(LNG)エンジンにSU企業は着目**しており、JAXAの研究開発成果を活用して、実機への適用を目指した研究開発が推進されている。
- ロケットの小型化に応じて誘導制御等をつかさどる**アビオニクス機器(電気機器)の小型化、機器機能の統合・集積化等による軽量化が必要**であり、SU企業においても**実機への適用を目指した研究開発**が推進されている。
- 宇宙輸送系共通の基盤技術である部品の低コスト化・軽量化等については、次期基幹ロケットに係る**研究開発の成果を民間に技術移転**すること等によって民間を支援する。
- 基幹ロケットと比べて小型ロケットは質量感度が高いため、小型かつ軽量なアビオニクス機器・非火工品分離機構等を必要としている。
- 飛行実証後のシステム運用に向けて調達性や大量生産性を確保する為の技術課題を有している。
- 現在開発中のシステムを踏襲しながら、安全性や打上げ能力を引き続き高めていく傾向にあり、自律飛行安全技術やシステム設計技術を高める事も課題となっている。



## 民間主導による新たな宇宙輸送システムの例

- 新たな宇宙輸送システムに挑戦する我が国のStart Up(SU)企業の中には、**更なる輸送価格の低減と輸送頻度の向上**を目指して、**完全再使用型の宇宙輸送機の実現に向けた技術**の研究開発に取り組んでいる企業がある。
- これらの企業は、輸送対象は貨物に限らず、**宇宙往還(宇宙からの帰還)技術**を踏まえて**有人宇宙輸送**を目指している。



我が国の民間企業者の開発・事業構想の例



Single-Stage-To-Orbitの例 (2040年頃)

### 民間主導による新たな宇宙輸送システムに関する主要技術ロードマップの考え方

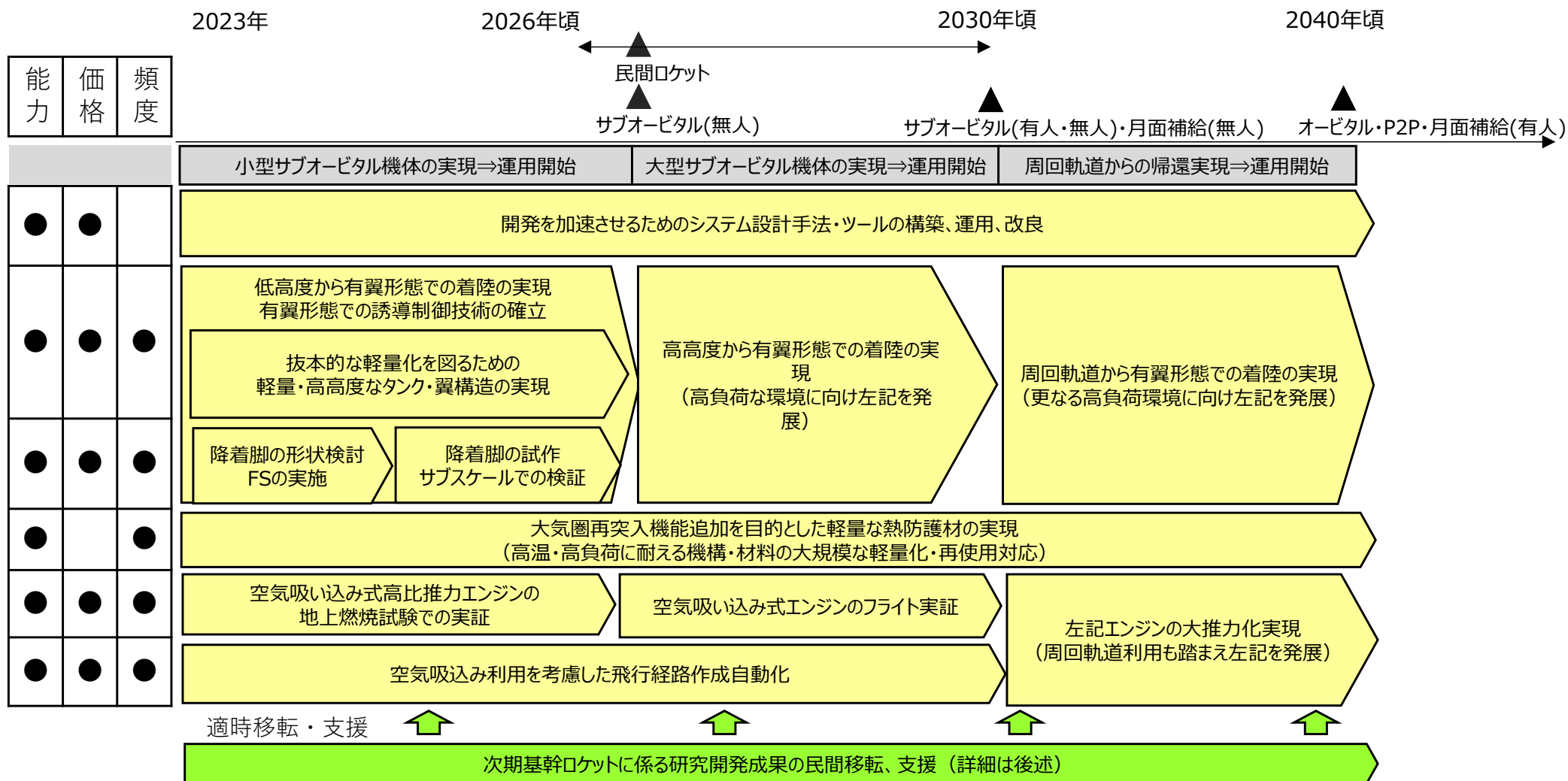
- わが国で実現例のない民間主導の新たな宇宙輸送システムに対しては官民の活動に加えて、学による先進研究成果の活用が重要であり、学(アカデミア)との連携も密にして推進していく。
- 従来のロケットと同型の**弾道型宇宙輸送システムに関する研究開発は次期基幹ロケット等の研究開発ロードマップに包絡されている。**
- 航空機のような**有翼型宇宙輸送システムについては、民間主導の新しい宇宙輸送システムとして研究開発が進められており、民間の開発計画を踏まえて技術ロードマップを維持していくことが肝要。**
- 有翼形態での機体は翼を加えても構造効率が大きく下がらない様にする為の軽量化技術が必要となっている。
- 機体のサイズを可能な限りコンパクトとする為に、飛行中に空気を機体内に取り込む事で搭載する液体酸素の使用量を減らす/無くすエンジン・飛行経路の研究開発が進められている。

※JAXAや国に対しては、民間も利用できる検証試験用の実験設備、環境を充実させることが期待されている。

# 4.3 民間主導による新たな宇宙輸送システム(3/9)



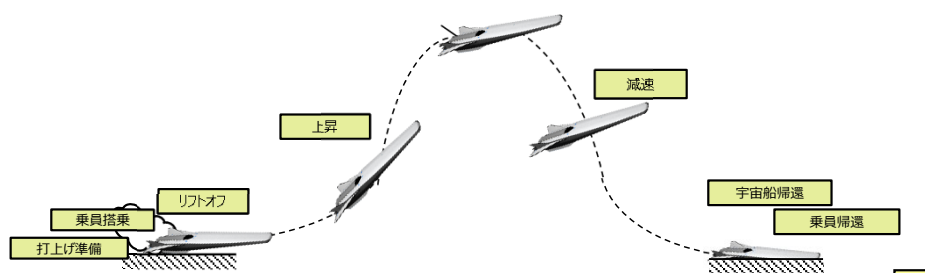
## 民間主導による新たな宇宙輸送システムに関する主要技術ロードマップ詳細



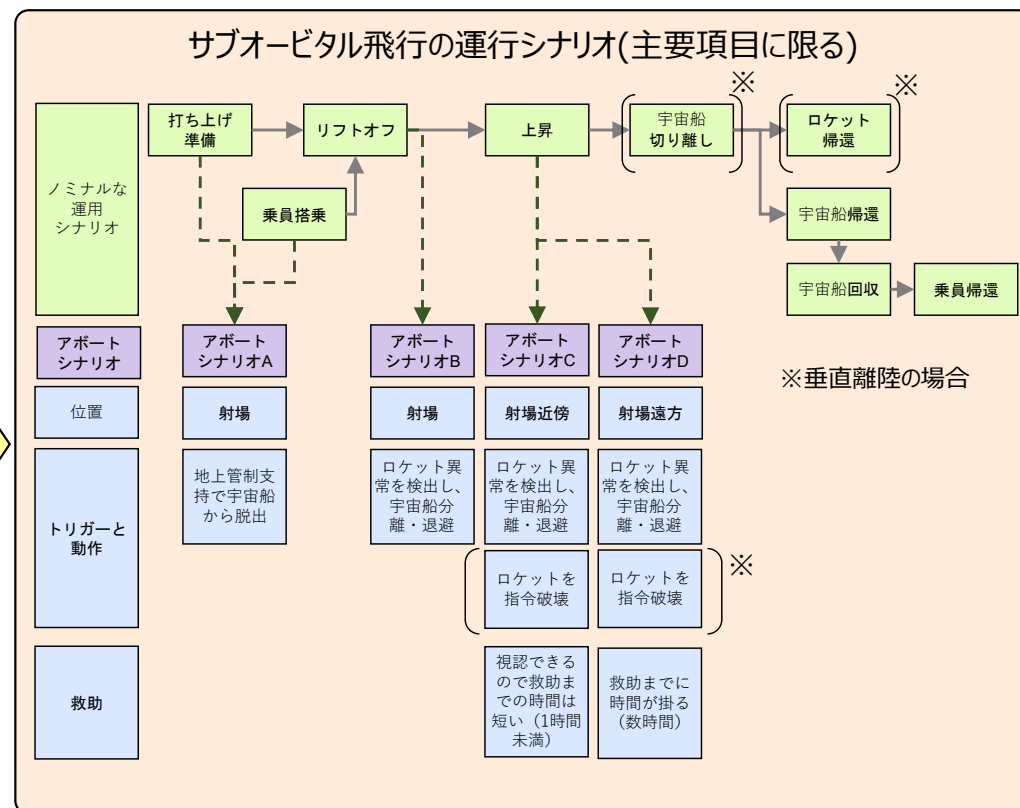
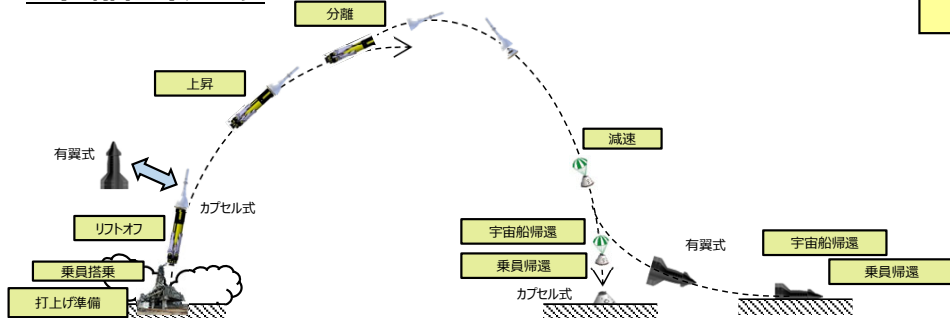
## サブオービタル飛行の運用シナリオの例について

- ◆国内の一部の民間企業では、宇宙旅行や大陸間二地点輸送などの新たな宇宙輸送サービスの実現に向けて技術開発が進められている。
- ◆これらの民間企業では、様々な飛行形式・システム形態を想定し、事業の初期段階でサブオービタル飛行での有人輸送を目指している。
- ◆サブオービタル飛行の運用として一般に下記のシナリオが考えられる。

### 水平離陸イメージ



### 垂直離陸イメージ



# 4.3 民間主導による新たな宇宙輸送システム(5/9)

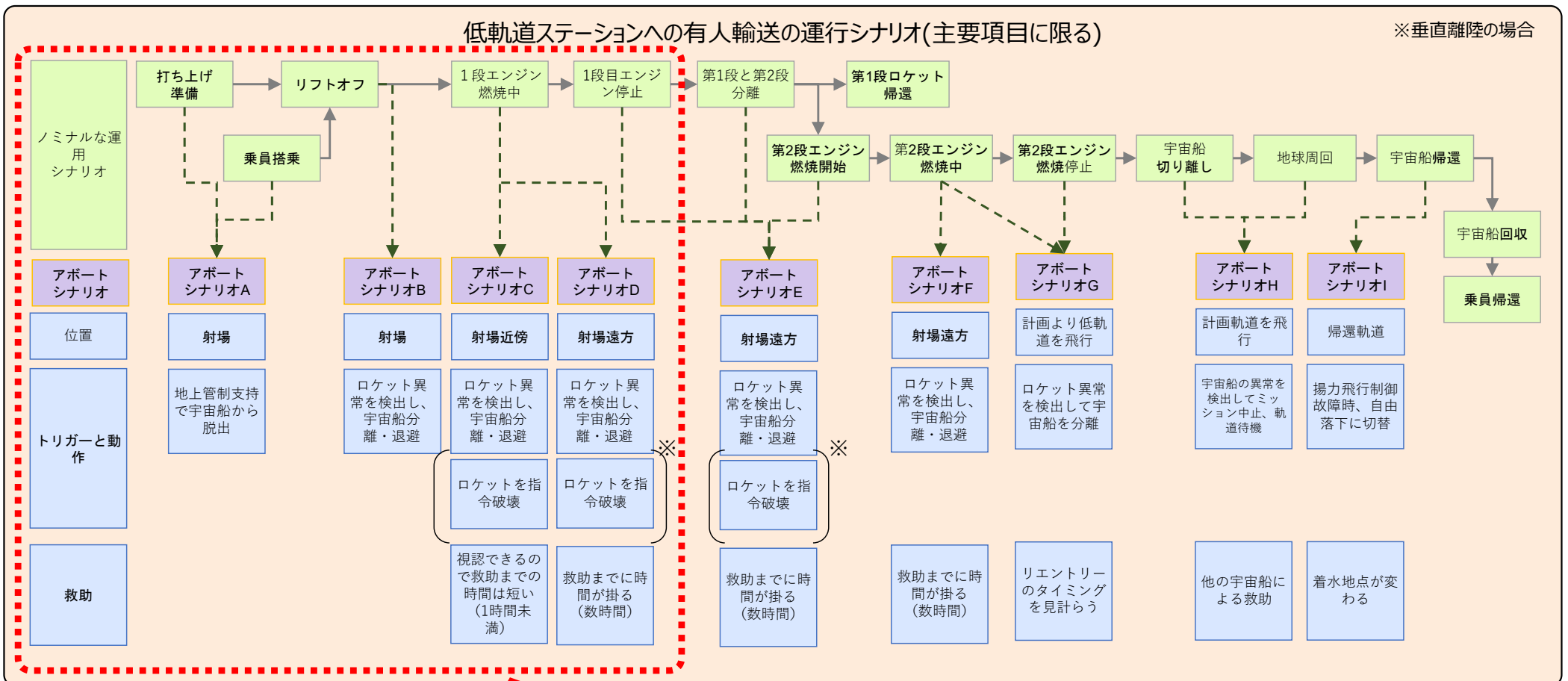


## 低軌道ステーションへ有人輸送する運用シナリオの例について

- ◆国内の一部の民間企業では、更なる事業拡大の構想として、市場拡大を目指し、低軌道ステーションへ有人輸送することが検討されている。
- ◆これらの民間企業では、サブオービタル飛行から低軌道ステーションへの有人輸送へのシステム発展を目指している。
- ◆低軌道ステーションへの有人飛行の運用シナリオとして一般に下記のシナリオが考えられる。

低軌道ステーションへの有人輸送の運行シナリオ(主要項目に限る)

※垂直離陸の場合



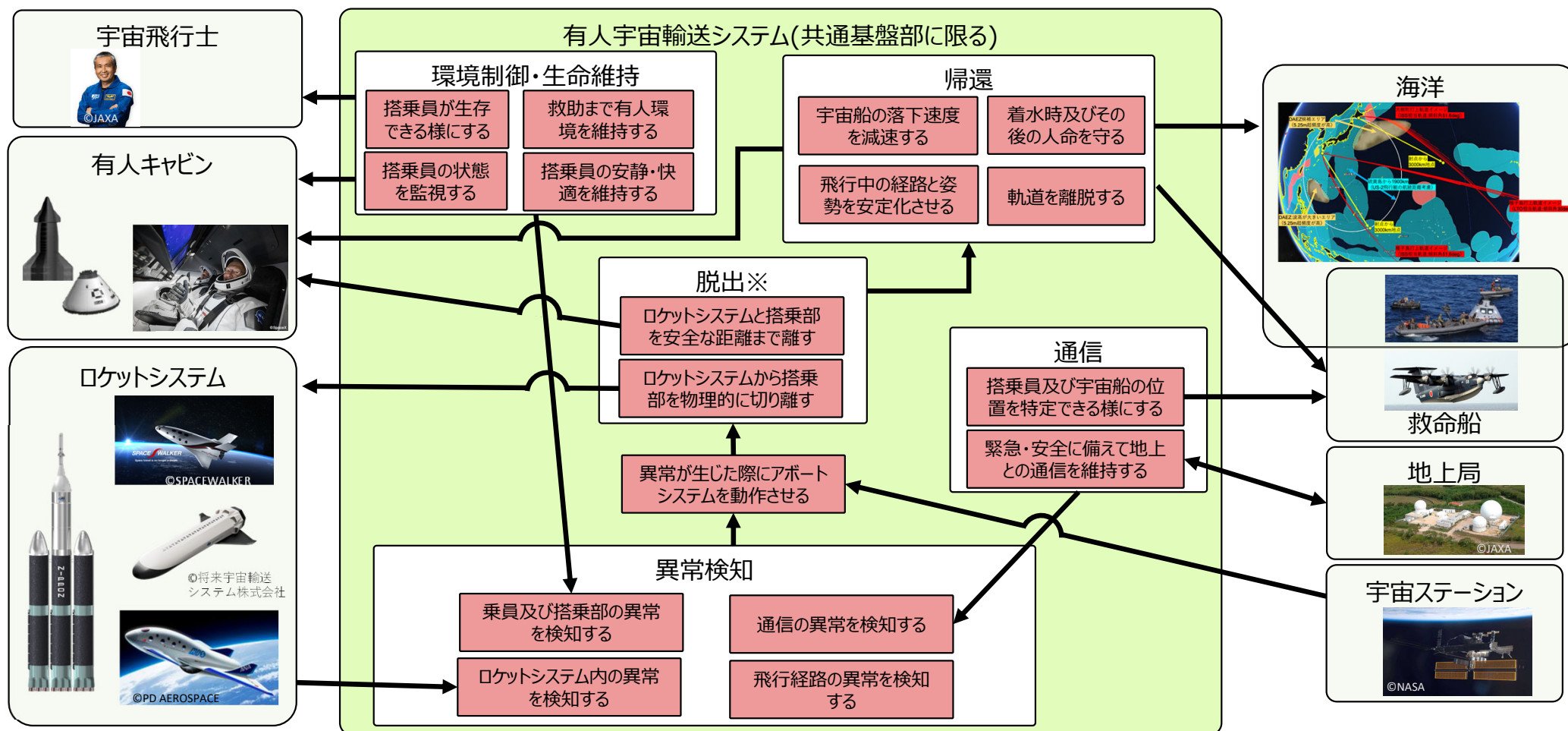
サブオービタル飛行と共通するシナリオ

# 4.3 民間主導による新たな宇宙輸送システム(6/9)

## 有人宇宙輸送システムの機能構成と必要機能の例について

◆国内の一部の民間企業では、民間ロケットシステムの有人化に向けて、「環境制御・生命維持」「通信」「異常検知」「脱出※」「帰還」などの機能を実用レベル（人を乗せる判断が可能なレベル）にするため、安全性や信頼性を確認しながらシステムの実現を目指されている。

※ 脱出機能は飛行形式・システム形態および運用の考え方によって要否は異なる

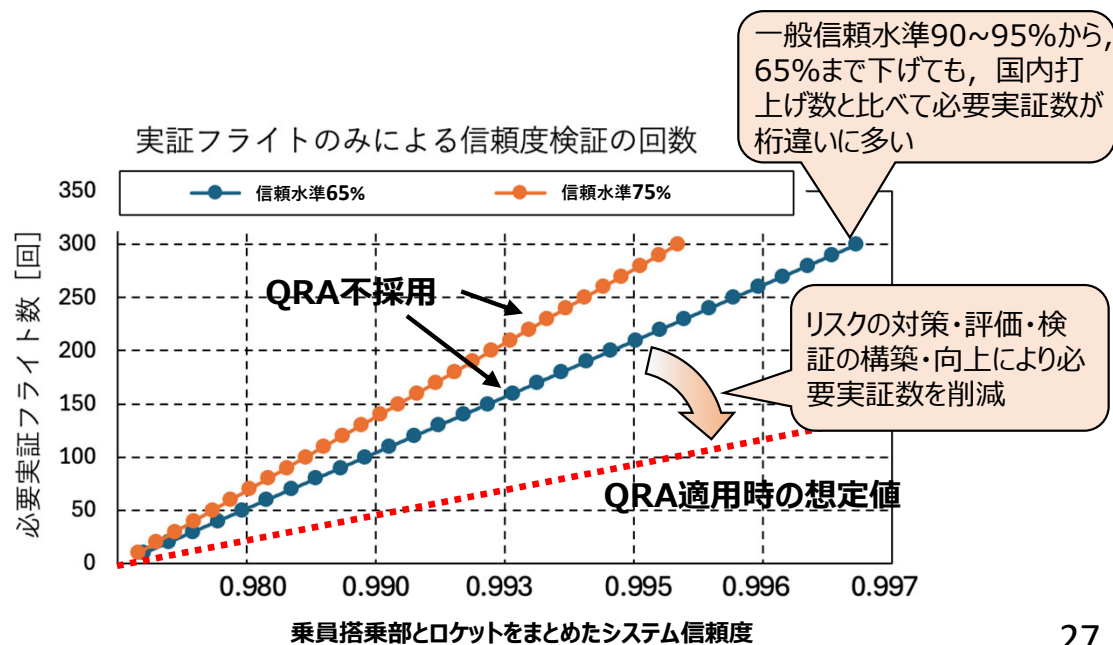
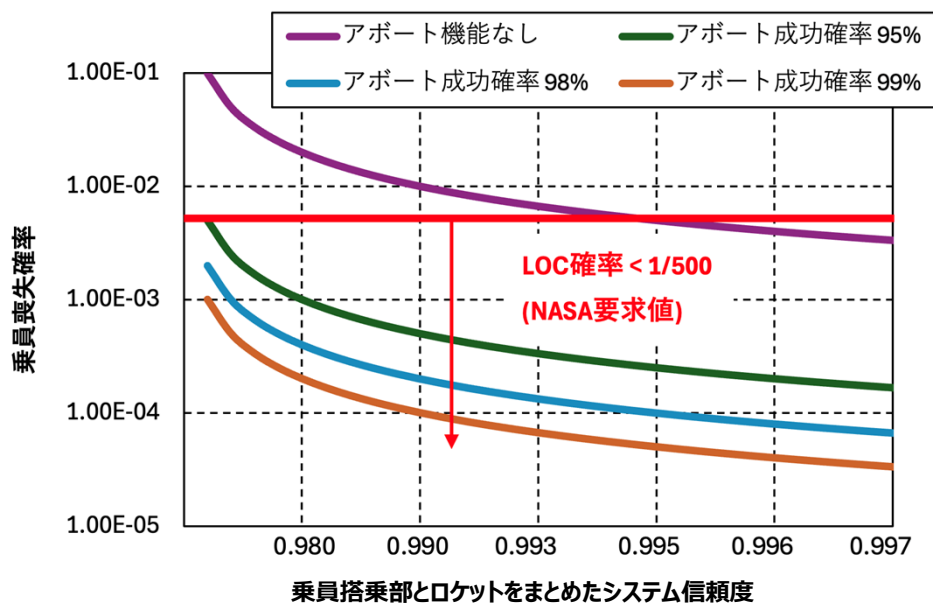


## 有人宇宙輸送における安全性・信頼性の目標設定の考え方案

- ◆ 事業利用において海外での着陸も想定される為、民間での有人宇宙輸送実現に向けて、乗員喪失確率(LOC)の目標値を、NASA基準を参考に1/500※以下(暫定値)とする  
(注:ロードマップ上の研究開発の目標値であり国としての制度として定める値ではない)。

※引用: NASA, ISS Crew Transportation and Services Requirements Document, CCT-REQ-1130

- ◆ 乗員喪失確率の目標値を実現するように、「環境制御・生命維持」「通信」「異常検知」「脱出」「帰還」の各成功率または信頼度の配分値を設定し、研究進捗を踏まえながら配分割合等を随時アップデートをしていく。
- ◆ 成功率または信頼度の目標値の達成状況については、様々な実証・検証機会をもとに、定量的リスクアセスメント(QRA)を導入しながら評価を目指していく。



### 有人宇宙輸送実現に向けて研究開発が必要な技術

- ◆前4頁で述べたように、「環境制御・生命維持」「通信」「異常検知」「脱出」「帰還」に関する成功率や信頼性の向上させることが重要であり、定量的リスクアセスメントを導入しながらシステム全体の高信頼性の実証を目指していくことから、これらに関する以下の技術の要素研究開発を推進することが必要と考える。
  - 適切な宇宙船内環境に維持するための環境制御・生命維持技術（ヒューマンファクターエンジニアリング技術や有人キャビン技術なども含む）
  - 搭乗員の安全・救命を確実とする通信技術
  - 搭乗員の安全性やミッションの適正を監視する異常検知技術
  - 異常時に搭乗員を緊急退避させる等の脱出技術(緊急退避システムなど)
  - 搭乗員を安全に地球に還す帰還技術（大気圏再突入も含む熱防護システムなど）
  - ロケットの安全性と信頼性を向上させるシステム技術
  - 技術の実証に要する回数を軽減させるための信頼性・リスク評価技術
- ◆以上のことを踏まえて、技術ロードマップを作成し、次ページの通り整理した。

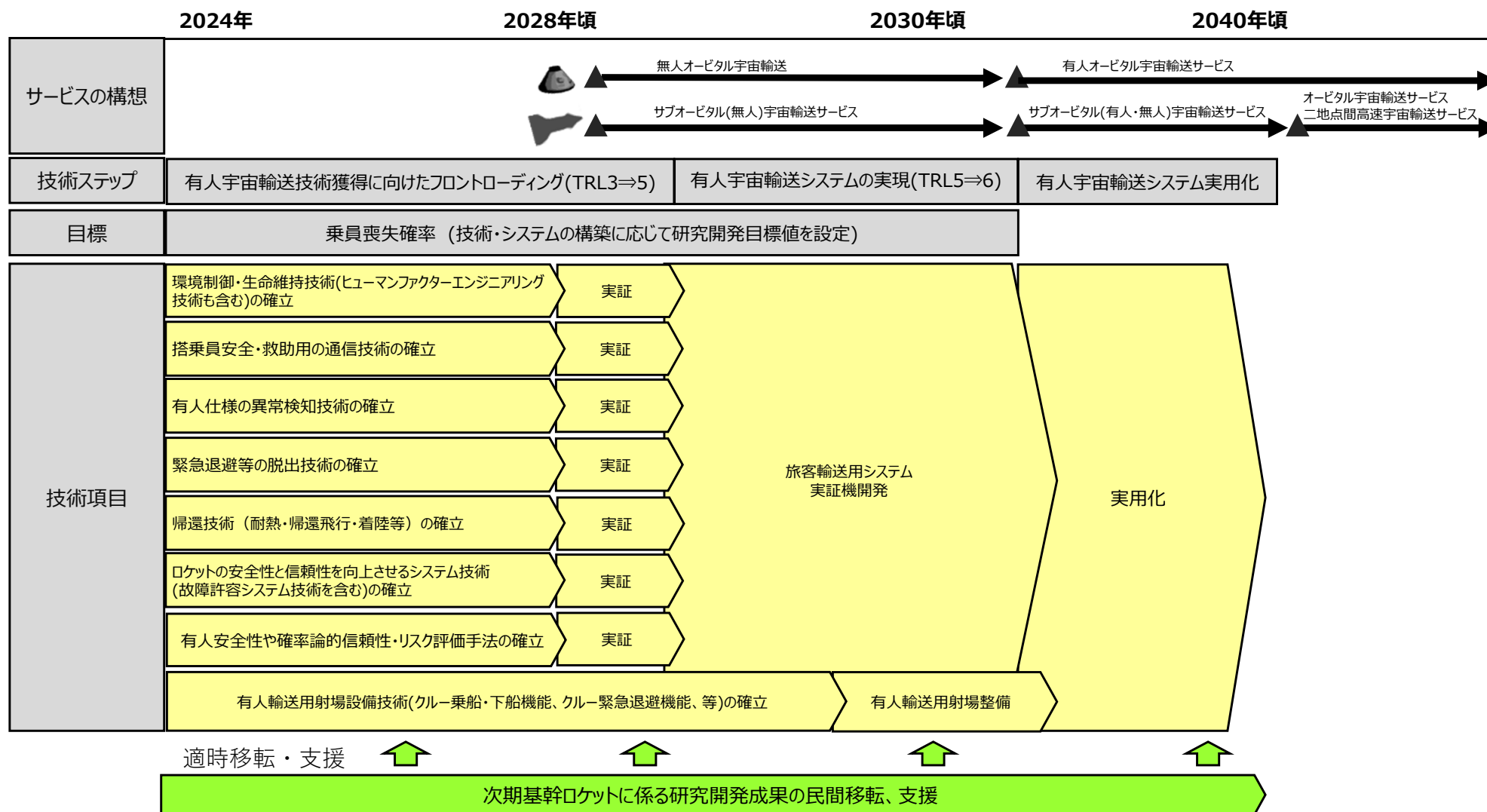
# 4.3 民間主導による新たな宇宙輸送システム(9/9)

## 国内の有人宇宙輸送実現に関する主要技術ロードマップ詳細

### ◆ 有人宇宙輸送技術の基本となる評価軸は乗員喪失確率

要件1 : システムの信頼性を高めること

要件2 : 搭乗員及び飛行周囲環境に対する安全対策がされていること



# 4.4 自立性確保のための部品の安定供給

## 自立性確保のための部品の安定供給に関する主要技術ロードマップの考え方

- 我が国では輸送頻度が年間数機であり、部品の出荷台数が少ないことから採算性が合わない等の理由でベンダーから撤退の申し出を受けることがしばしばある。近年では、コロナ禍やウクライナ紛争の影響によりIC等の部品入手性が著しく困難な時期があった。
- 我が国の打手段の自立性確保を確実なものとするために、高頻度化や高度化などの試作により年間打上げ数(製造数量)の安定確保に努めるとともに、主要部品については国産化していくことや、採算性の課題がある機器については台数の多い民製品の適用または改良使用等を目指した研究開発を実施する案が考えられる。

