



宇宙政策委員会
第3回宇宙輸送システム部会

資料2-1

宇宙輸送システムの今後の在り方について

2013年4月24日
文部科学省
研究開発局

項目

1. 我が国のロケット開発の経緯と評価について

2. 今後の在り方について

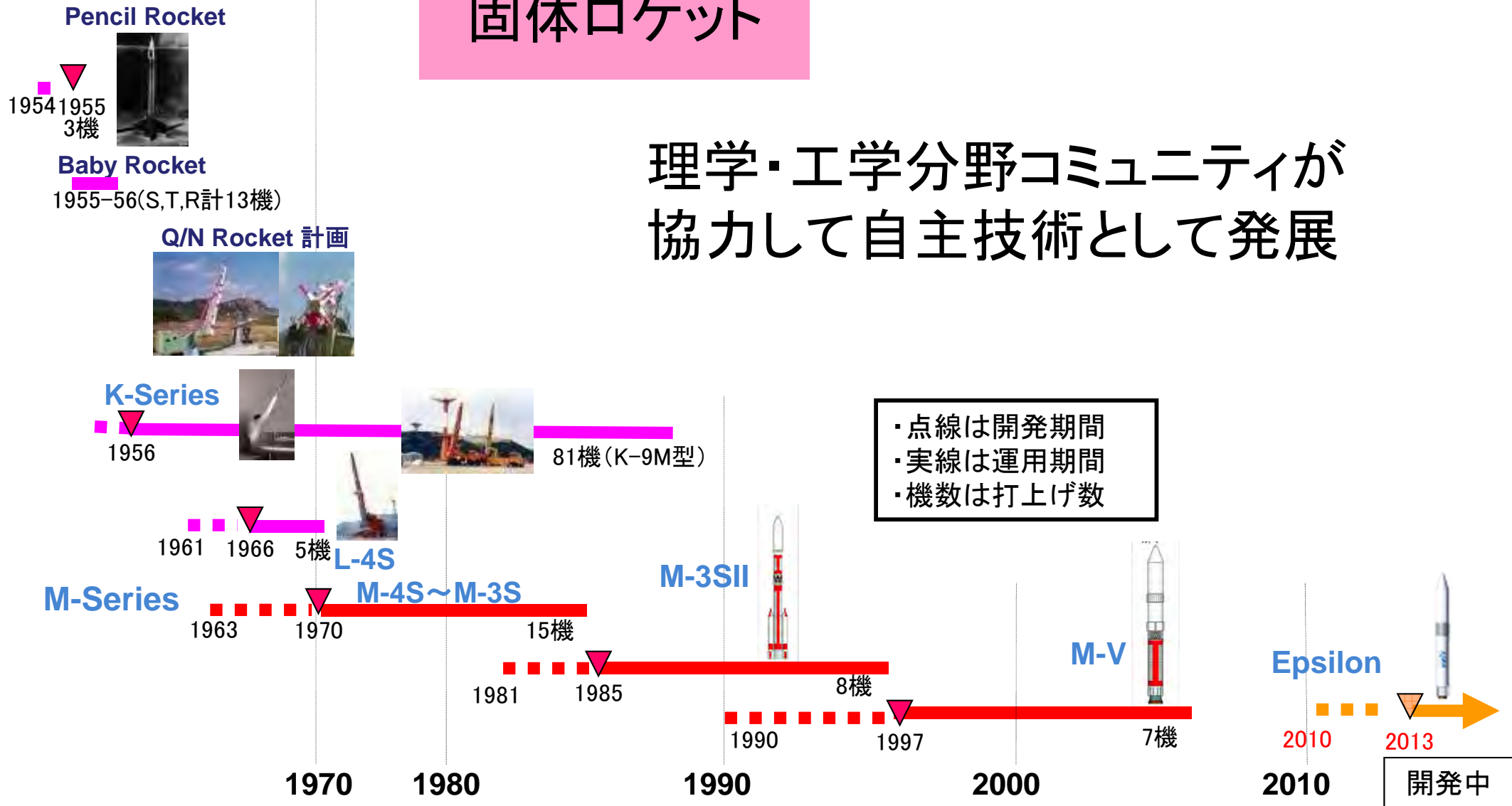
- 次期基幹ロケット開発の要否に関する判断の視点
 - ・ 真の意味での自律性の確保
 - ・ 官需衛星打上げコストの削減
 - ・ 国際競争力の向上による自律性確保コストの削減
- 次期基幹ロケットを開発する場合に考慮すべき事項



1. 我が国のロケット開発の経緯と評価について

固体ロケット

理学・工学分野コミュニティが
協力して自主技術として発展



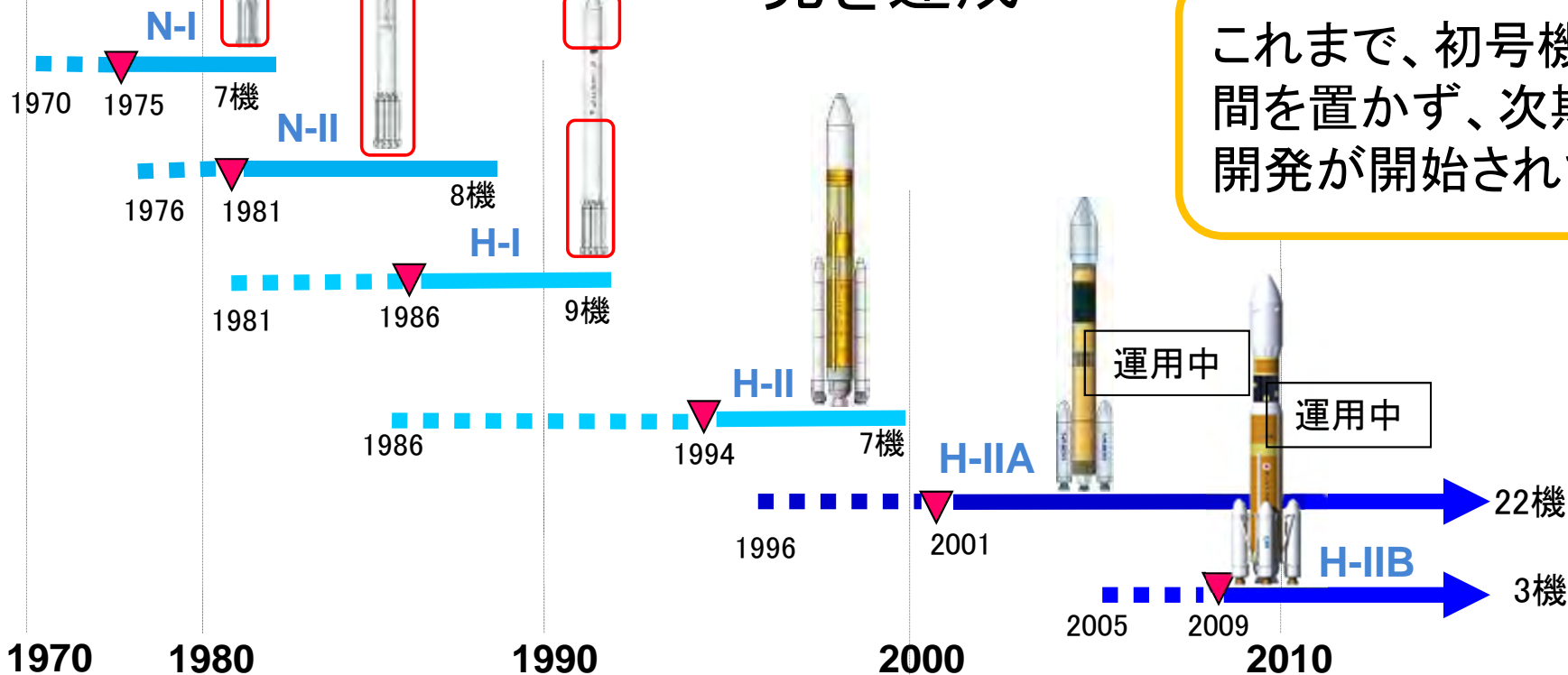
- * ペンシルロケットからスタートし、科学衛星打上げ用として進化を遂げ、惑星探査まで可能なM-Vロケットまで、理学・工学分野のコミュニティが協力して自主技術として発展
- * M-Vの最終打上げまでに、計28機の科学衛星等を打上げ
- * 2007年に宇宙開発委員会にて、機動的で迅速に成果をあげられる小型衛星を積極的に推進するとして、M-Vロケットを終了し、イプシロンロケット開発の方針を決定
- * 現在開発中のイプシロンロケットを、本年夏に打上げ予定

液体ロケット

米国から技術導入

- 米国からの技術導入により開発を開始
- H-IIロケットにて全段自主技術による開発を達成

これまで、初号機打上げ後に間を置かず、次期ロケットの開発が開始されてきた。



- ・点線は開発期間
- ・実線は運用期間
- ・機数は打上げ数

- * 「全段国産技術での開発」、「実利用の需要に応える静止衛星2トン級(GTO4トン級)の打上げ」を方針として、米国からの技術導入により開発を開始(1984年宇宙開発政策大綱改訂版)
- * H-IIロケットが全段自主技術による開発を達成(1994年)
- * H-IIAロケットは、H-IIロケットに比べてコストを半減
 - コスト
 - ・ H-II(約190億円), H-IIA(約100億円(現在))
 - 為替変動
 - ・ 約120円/ドル(H-IIA運用開始:2001年), 一時75円台まで円高が進行(2011年), 約100円/ドル(現在)
- * 世界最高水準の打上げ成功率を達成
 - H-IIA: 95.5%(21/22), H-IIB: 100%(3/3)
 - 計36機以上の衛星等を打上げ
- * 打上げ事業の民間移管を実施(H-IIA:2007年、H-IIB:2012年)
 - 三菱重工業株式会社が、打上げ輸送サービスを実施

* キー技術とシステムインテグレーション技術の発展

- 選択と集中により着実に研究開発を重ね獲得・進化してきた「キー技術」と、これらをシステムとして高度に統合する「システム・インテグレーション技術」について、世界最先端の水準を達成
- ロケットシステムとしての高い信頼性に大きく寄与

(キー技術)

- 推進薬として最高性能を有する液体水素／液体酸素ロケットエンジン技術
- 当初から自主技術で進歩を重ね、惑星探査も可能なM-VロケットやH-IIA/BロケットのSRB-Aを実現するに至った固体ロケット技術
- 誘導制御システム



2. 今後の在り方について

宇宙基本計画(平成25年1月25日 宇宙開発戦略本部決定)

- * 宇宙輸送システムは、宇宙基本計画において、「宇宙利用拡大と自律性確保を実現する社会インフラ」と位置付けられた。
 - ・ 宇宙輸送システムは、我が国が必要とする時に、必要な人工衛星等を、独自に宇宙空間に打ち上げるために不可欠な手段であり、その維持は我が国の宇宙活動の自律性確保の観点から重要である。
 - ・ 今後とも将来に向けて自律的な宇宙輸送能力を保持していくために、人材や施設を含めた産業基盤の維持、強化、発展が必要である。

宇宙基本計画 (平成25年1月25日 宇宙開発戦略本部決定)

- ・ 宇宙輸送システムの産業基盤の維持には、毎年一定数の打ち上げ機会を確保する必要がある、これまでは政府衛星を基本として考えてきたが、今後は、海外や国内商用衛星を含めて、打ち上げ機会を確保する方策が必要である。
- ・ 今後、長期にわたり我が国が自律的な宇宙輸送能力を保持し続けていくためには、十分な打ち上げ機会や開発機会の確保、国際競争力の向上、射場等のインフラの効率的な整備や維持等様々な課題に対処する必要がある。
- ・ そのため、これまでの我が国ロケット開発の実績を十分に評価しつつ、より中長期的な観点から、基幹ロケット、物資補給や再突入、サブオービタル飛行、極超音速輸送、有人宇宙活動、再使用ロケット等を含め、我が国の宇宙輸送システムの在り方について速やかに総合的検討を行い、その結果を踏まえ必要な措置を講じる。

次期基幹ロケット開発の要否に関する判断の視点

○真の意味での自律性の確保

- 重大トラブルへの対応能力の確保
- 新規ロケット開発能力の確保
- 宇宙産業の基盤の確保

安全保障的視点

○官需衛星打上げコストの削減

○国際競争力向上による自律性確保コストの削減

財政的視点

(1) 安全保障的視点

社会インフラとしての
宇宙輸送システムの自律性確保

重大トラブルへの対応能力、
新規ロケット開発能力の確保

技術基盤・
産業基盤、
人材により
支えられる

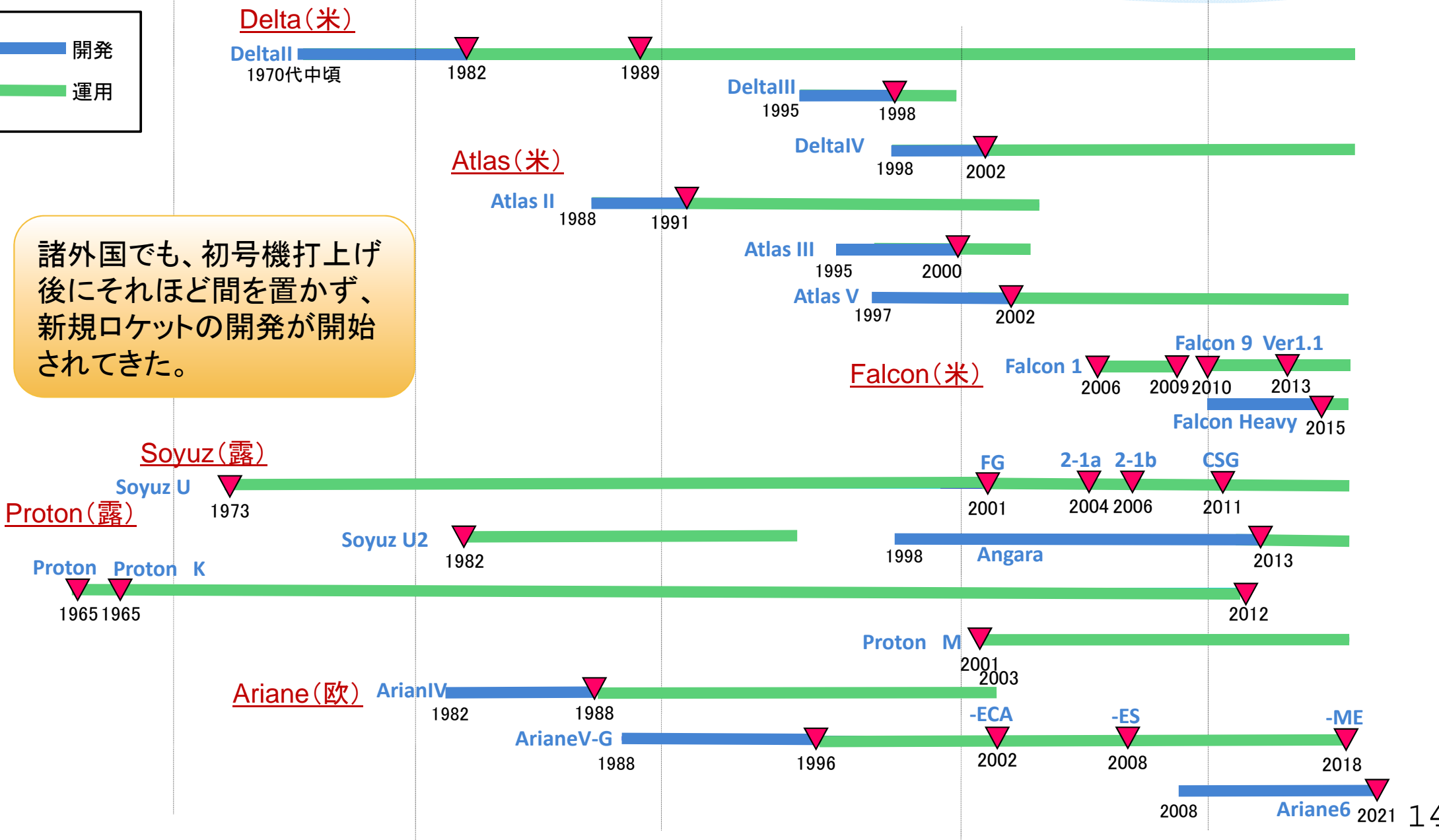
一定サイクルでの新規開発

5～10年程度で継続的に開発（諸外国の例）

1970 1980 1990 2000 2010

■ 開発
■ 運用

諸外国でも、初号機打上げ後にそれほど間を置かず、新規ロケットの開発が開始されてきた。



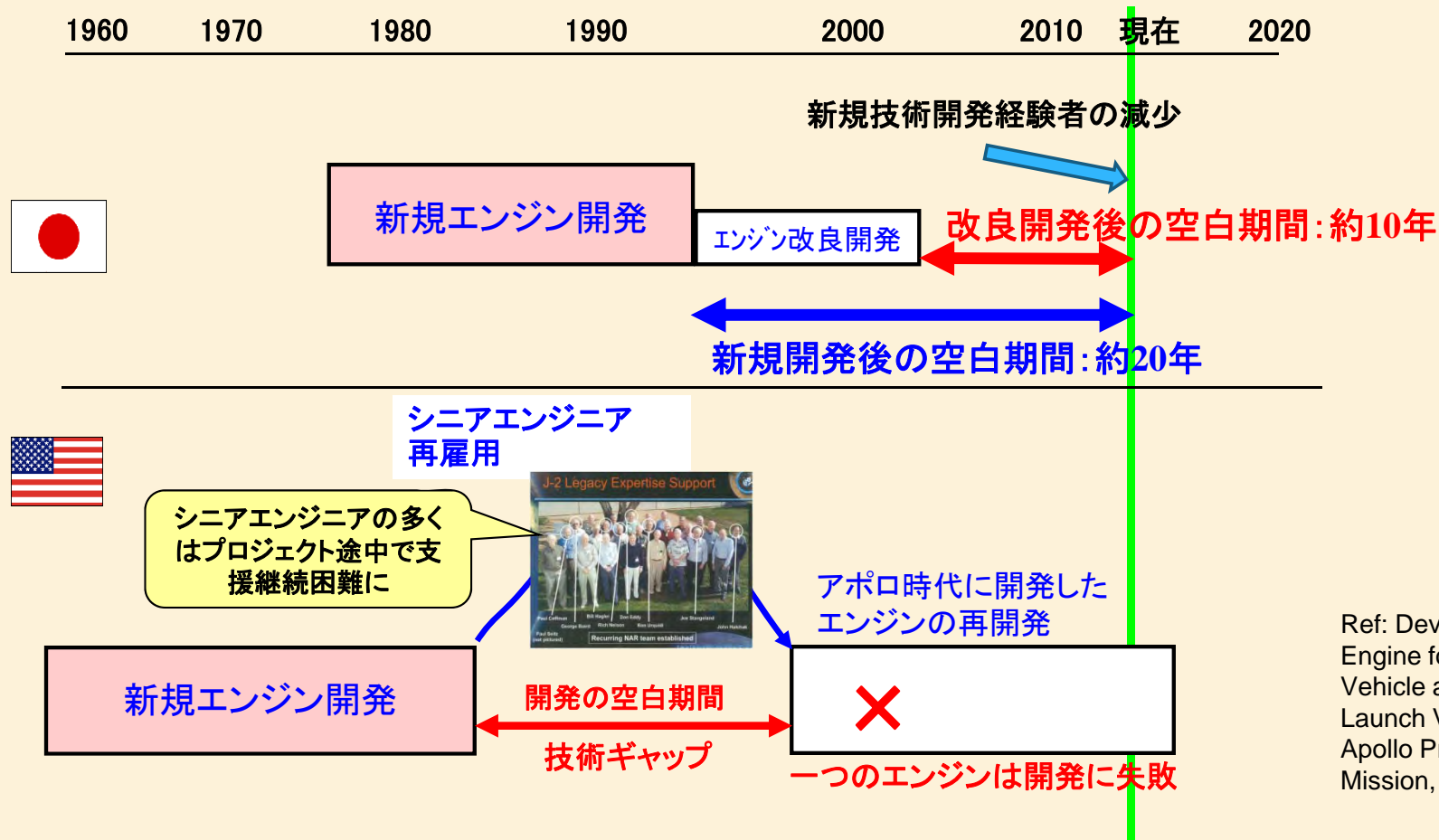
一定サイクルの新規開発がない場合の影響の例

* 宇宙分野の例

- NASAのシニアエンジニアの再雇用
 - 米国では、ロケットエンジン開発に10年の空白期間が生じたことで、新規エンジン開発知見、経験が散逸
 - 高齢技術者の支援を受けてエンジン開発を再開
- ロシアの例
 - 2012年8月までの約18ヶ月間で、ロシアは7回の打上げ失敗により、計10機の衛星等を喪失
 - 宇宙開発大国ロシアを支えてきた宇宙産業分野の技術力及び人材ポテンシャル低下(中間層不足)による品質劣化が一因の見解
 - 「現在のロシア宇宙産業の人材構成は、60歳以上か30歳以下となっており、中間層が欠落している」(2011年12月23日RIA Novosti)

一定サイクルの新規開発がない場合の影響の例

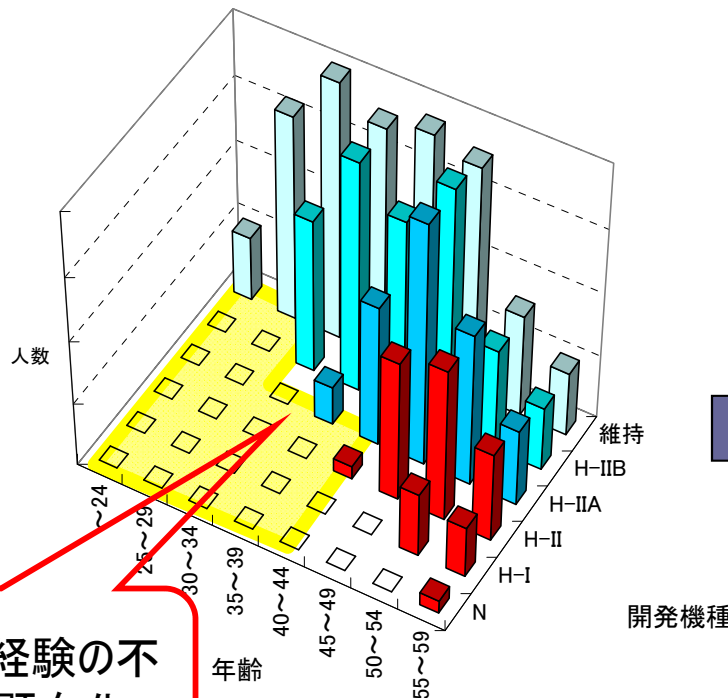
NASAのシニアエンジニア再雇用



新規開発に必要な人材の枯渇のおそれ

* 経験人材の退職

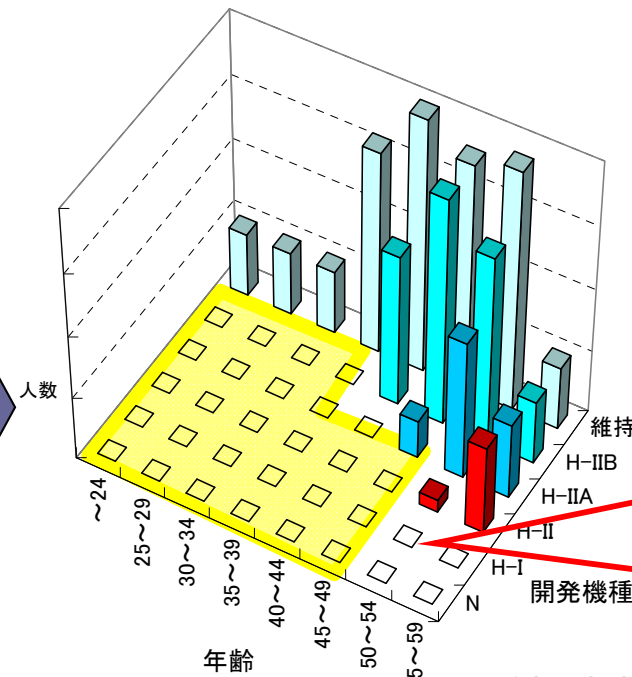
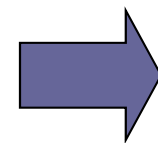
- ロケットの新規開発には、これまでのノウハウの継承、過去のロケット開発経験者によるシステムインテグレーションの統率が不可欠
- このために必要なH-IIロケット新規開発経験者は現在45歳以上。2020年には大多数が退職の見込み
- 基幹ロケットの開発期間は、H-II(新規開発)が約10年、H-IIA(アップグレード開発)が約6年



若手の開発経験の不足はすでに顕在化

2012年

ロケットシステム開発技術者の年齢構成(A社データ)



2020年頃には、
H-II以前のシステム開発経験者は
ほぼ散逸

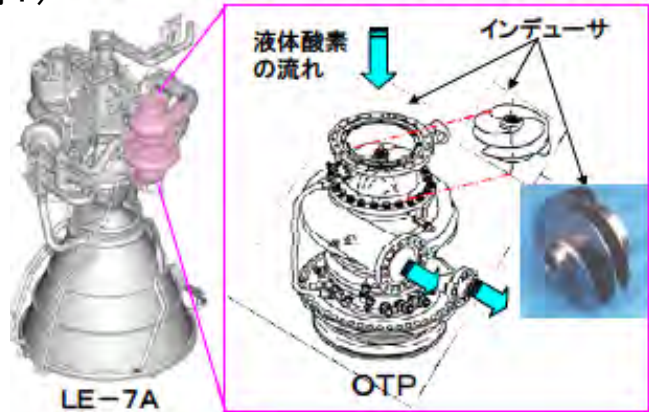
前提: 新規ロケット開発がない

2020年

トラブル対応にかつての開発経験者が必要だった例

- * ロケット開発・運用トラブルへの対応には、開発経験者が不可欠
 - (事例1)ターボポンプのインデューサ(液体酸素供給用回転部品)の不具合の解決
 - (事例2)ロケットの衛星搭載部の振動への対応
 - (事例3)バルブ不具合の解決

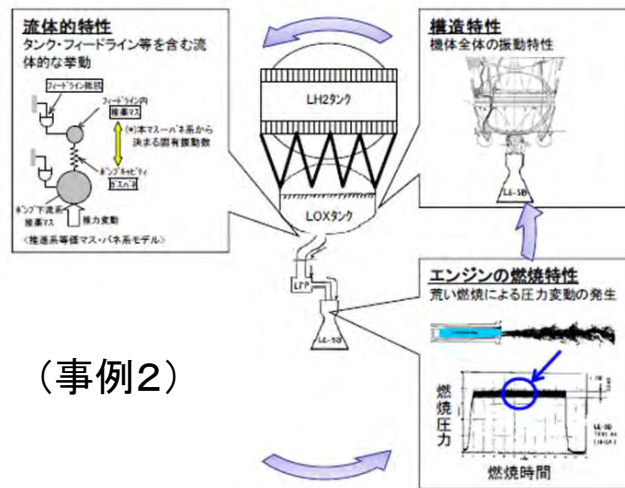
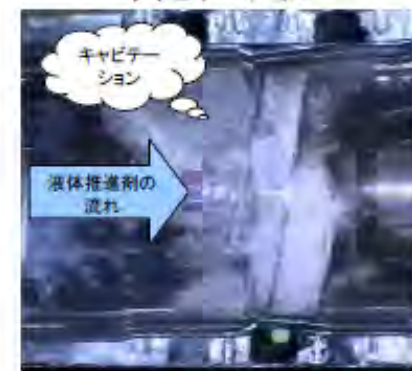
(事例1) LE-7A液酸ターボポンプインデューサ



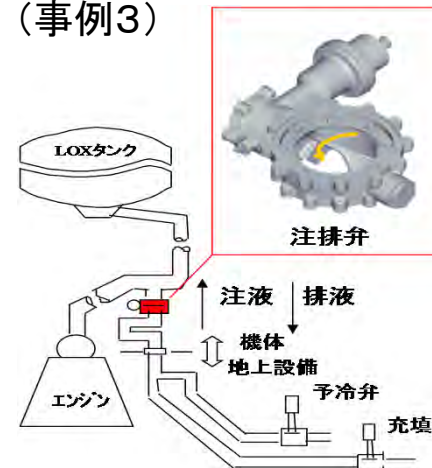
インデューサの重要性



インデューサの課題
キャビテーション



(事例3)



【用途】

- ・ロケットのタンクに推進薬を注入、排出を制御
- ・ロケットのフライト中は、タンク内の推進薬を保持



安全保障的視点からの基幹ロケット開発に係る考察

- H-IIロケット, H-IIAロケット開発からの空白期間が長期化
 - H-IIの開発開始からは、すでに約30年が経過しており、新規ロケット開発に空白期間
 - H-IIAへのアップグレード開発の開始からも約17年が経過
- 重大トラブルへの対応能力、新規ロケット開発能力及び宇宙産業基盤の維持が困難



自律性の維持が困難な状況



次期基幹ロケットの開発着手が必要

(参考)宇宙基本計画(抜粋)

- 「我が国のロケット開発の実績を十分に評価しつつ、我が国の宇宙輸送システムの在り方について速やかに総合的検討を行い、その結果を踏まえ必要な措置を講じる。」
- (今後10年程度の目標)「我が国が必要とする衛星等を、必要な時に、独力かつ効率的に打ち上げる能力を維持、強化、発展させる」

(2) 財政的視点

次期基幹ロケット新規開発によりコスト低減の見込み

- 現在170億円/年の維持コストの低減
- 現在100億円/機の打上げ費用の低減

官需衛星打上げコストの節減

- 官需衛星の打上げについて、H-IIA継続運用に比べ、30年間で約3000億円程度、新規開発費を含めても政府支出を大幅に削減見込み(試算)

【副次的効果】

国際競争力の向上

- 打上げコストの低減は、国際競争力の向上による民間衛星打上げ受注に貢献
- 宇宙産業基盤の強化に貢献
- 自律性確保コストの低減に貢献

基幹ロケットに係る国費負担のイメージ

■ ロケット開発費

【ロケットの新規開発又は改良開発の経費】

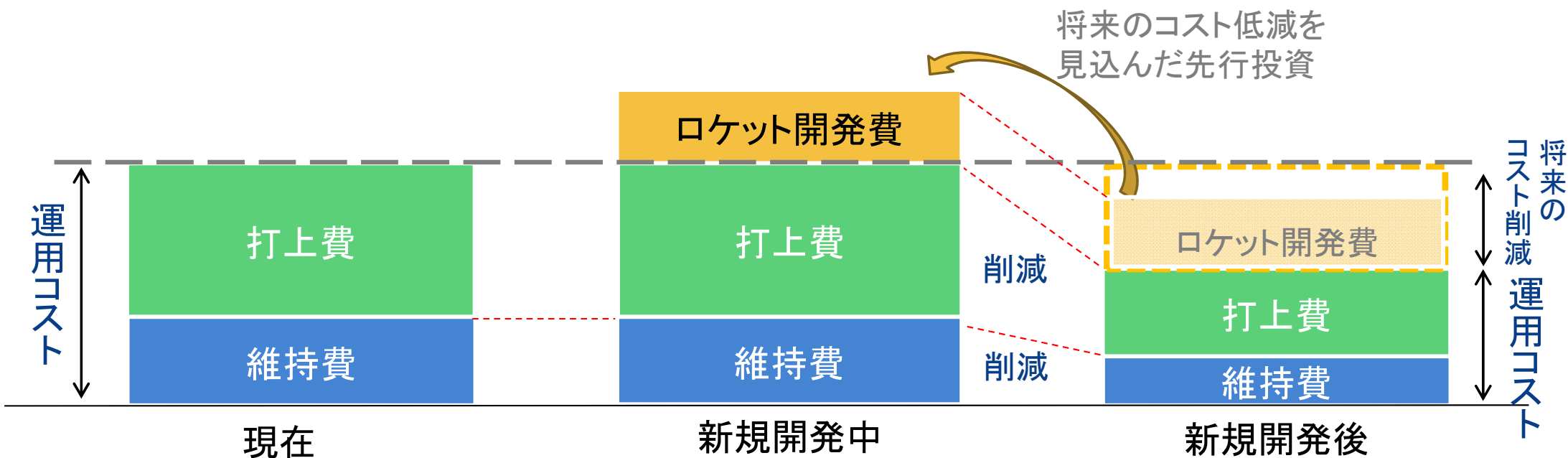
■ 打上費

【ロケットの製造・打上げに要する費用】

■ 維持費

【ロケット性能の維持のための費用】

【ロケット専用製造設備・打上設備の維持のための費用】



長期運用コストの低減オプション

- 今後の長期的な基幹ロケット運用のコスト低減策の比較
(3つのオプションを検討)

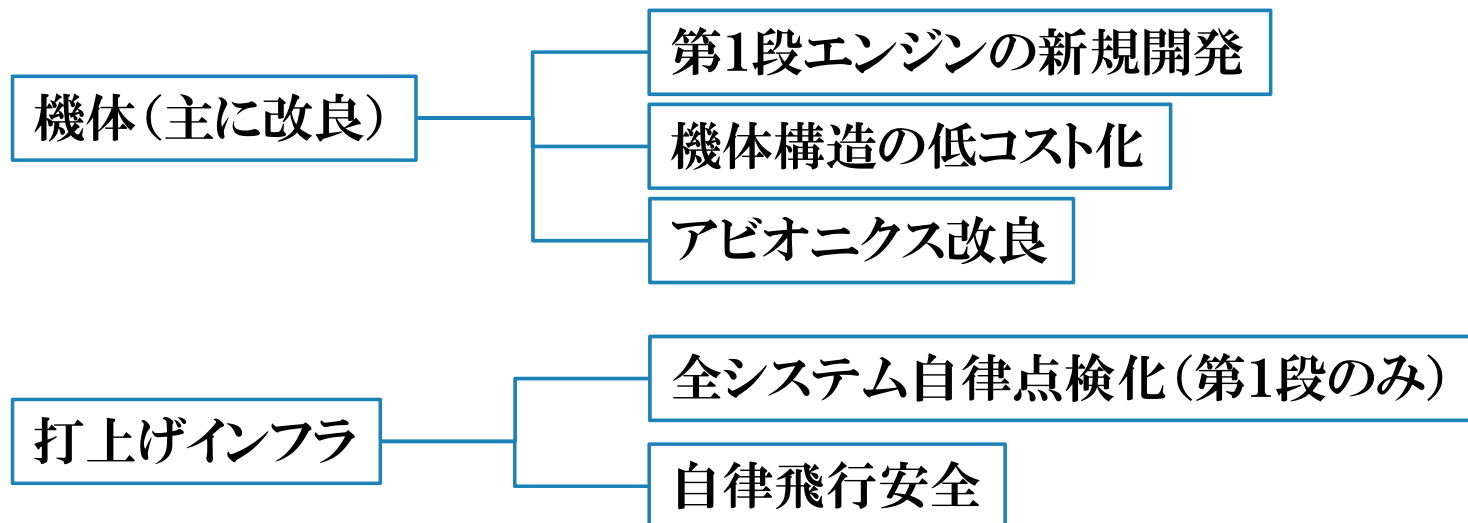
* H-IIAロケットの基本仕様を維持するもの(①, ②)

① オプション1 (H-IIA継続運用)

- ・ H-IIAロケット及び関連地上設備を現在のまま継続運用

② オプション2 (H-IIA改良)

- ・ H-IIAロケット基本仕様の大幅な変更をせず、実施可能な範囲で改良を実施

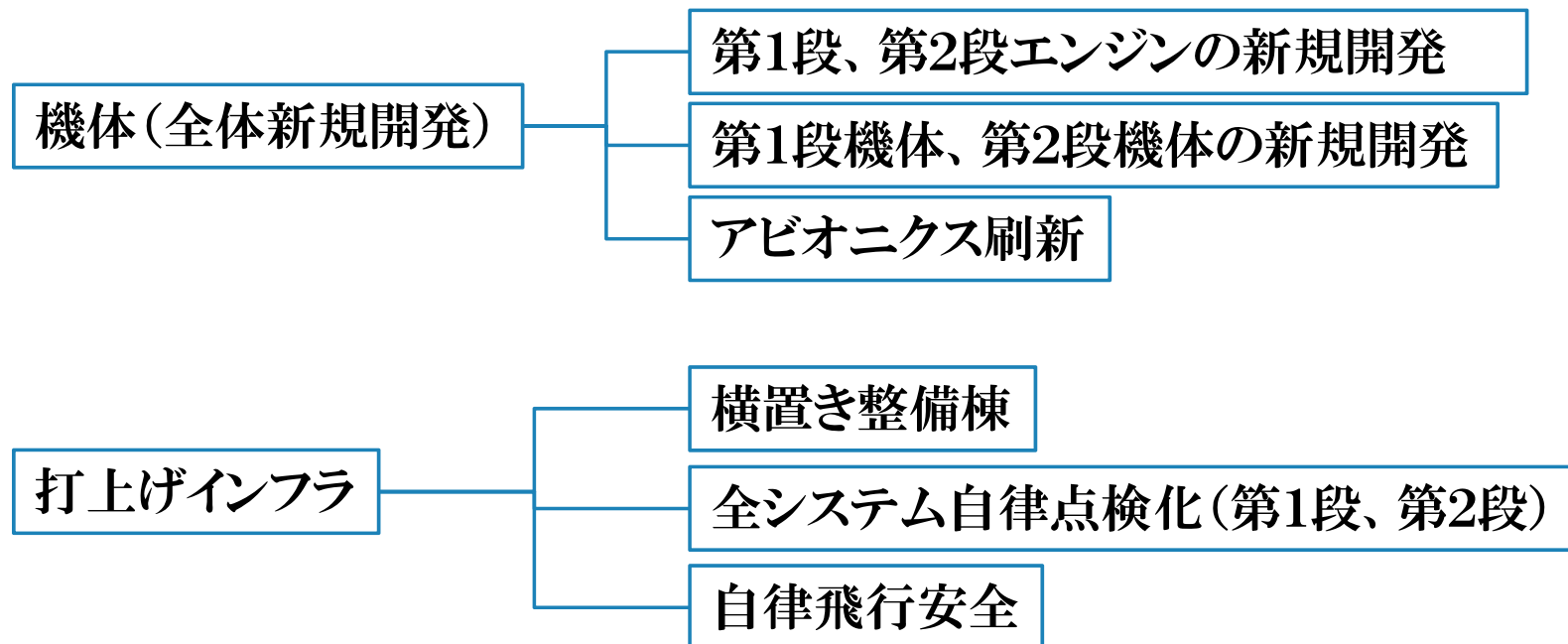


(※一例)

* 次期基幹ロケットの開発に着手するもの(③)

③ オプション3(次期基幹ロケットの新規開発)

- 機体と設備の基本構成の見直しを含めた新規開発



(※一例)

年間運用コスト

* 各オプションの1年間当たりの開発費、打上費、維持費を試算

※平成24年10月25日 文部科学省 宇宙開発利用部会「ロケット開発・運用の推進方策に向けて」における試算をもとに作成

	H-IIAロケット基本仕様を維持		次期基幹ロケットの開発
	オプション1 (H-IIA継続運用)	オプション2 (H-IIA改良)	オプション3 (全機体新規開発)
開発費	—	1,000億円	1,900億円
打上費	100億円/機	80億円/機	50~65億円 ^{*1)} /機
維持費 ^{*2)}	170億円	145億円	85億円

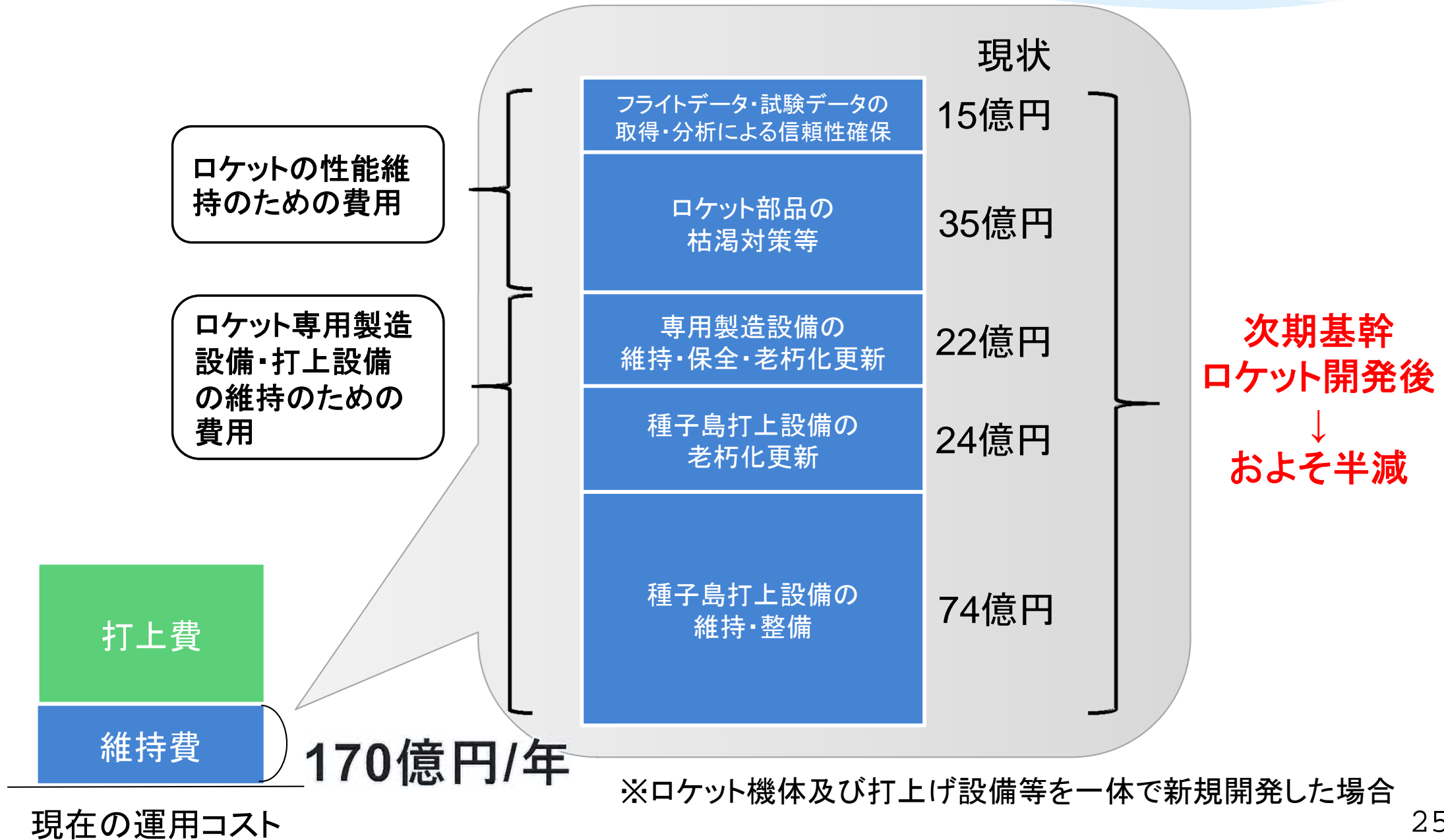
※ 本表の数値は試算のための概算値

*1) GTO3.5トン級打上げ形態は、SSO打上げ形態に対しプラス10~15億かかる。
ここではプラス15億として記載

*2) 維持費は過去3年間の予算の平均値

維持費の内訳

* 維持費の大幅な削減のためには、ロケット機体と地上設備の一体的な更新が必要



長期運用コストの試算

* 年間コストから長期運用コストを試算

- 試算条件

- ・ 30年間を想定(開発8年+運用22年)
- ・ 官需衛星を3機(/年)打ち上げる前提
- ・ H-IIA改良又は次期基幹ロケット開発が完了するまでは、H-IIAを8年間維持運用し、その費用を含む

	H-IIAロケット基本仕様を維持		次期基幹ロケットの開発
	オプション1 (H-IIA継続運用)	オプション2 (H-IIA改良)	オプション3 (全機体新規開発)
開発費	—	1,000億円	1,900億円
打上費	9,000億円	7,700億円	5,700億円*)
維持費	5,100億円	4,600億円	3,300億円
30年長期運用コスト	14,100億円	13,300億円 (Δ800億円)	10,900億円 (Δ3,200億円)

※平成24年10月25日 文部科学省 宇宙開発利用部会「ロケット開発・運用の推進方策に向けて」における試算をもとに作成

*) SSO打上げ年3機の場合。GTO 3.5トン級衛星の打上げを2年に1機程度想定する場合は、打上費がプラス150億円 26

財政的視点からの考察

- * 新規開発による維持運用費の大幅削減によって、30年間の長期運用コストを3000億円程度削減可能な見込み



官需衛星打上げコストの削減

副次的効果として、
国際競争力の向上による
自律性確保コストの低減

(3) 次期基幹ロケットを開発する場合に考慮すべき事項

① 多様化する宇宙利用ニーズに柔軟に対応できる打上げ能力の獲得

* 衛星打上げ需要

- 国内官需衛星
 - ・ SSO2～3ton級へと中型にシフト
- 商業静止軌道衛星
 - 分析にばらつきあり
 - ・ (分析1) GTO7ton以上の衛星が増える傾向
 - ・ (分析2) GTO7ton以上衛星は増えず、3.5～4.5ton中型衛星が増える傾向



モジュラー化による柔軟な
打上げ能力
(イメージ)

* H-IIAの打上げ能力

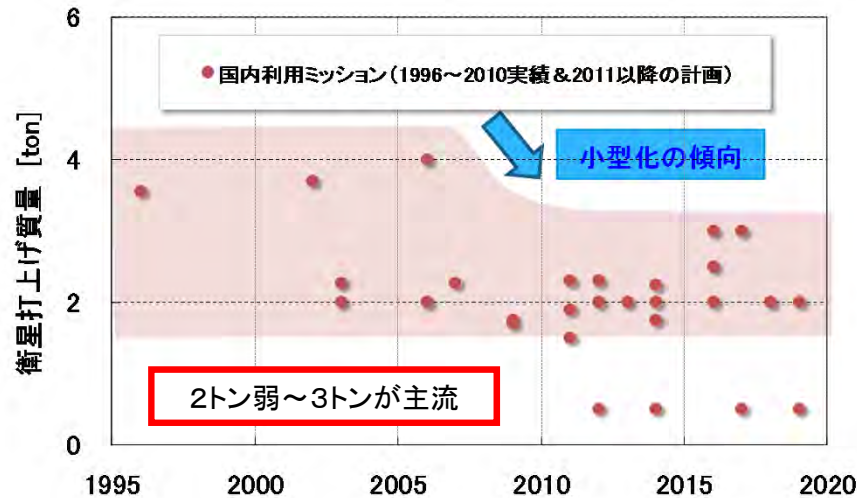
- SSO4.4ton/GTO2.9ton($\Delta V=1,500\text{m/s}$)の打上げ能力のため、今後の衛星のサイズ動向に鑑みると効率的な打上げが困難又は不可能



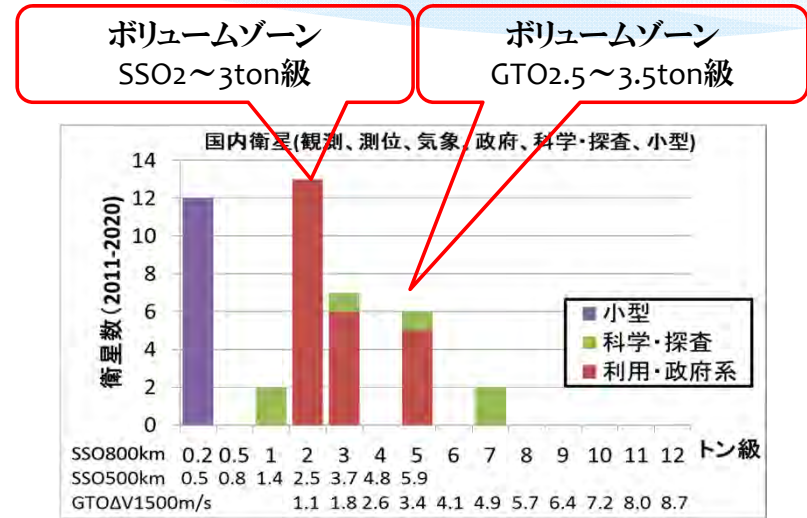
- * このため、多様な打上げ需要に柔軟に対応できるモジュラー化されたシステムが適切
- * なお、モジュラー化システムにおいては、機体の横置き整備を実現し、コスト低減を図ることが重要

(参考) 多様化する利用ニーズ

● 国内の衛星サイズ動向

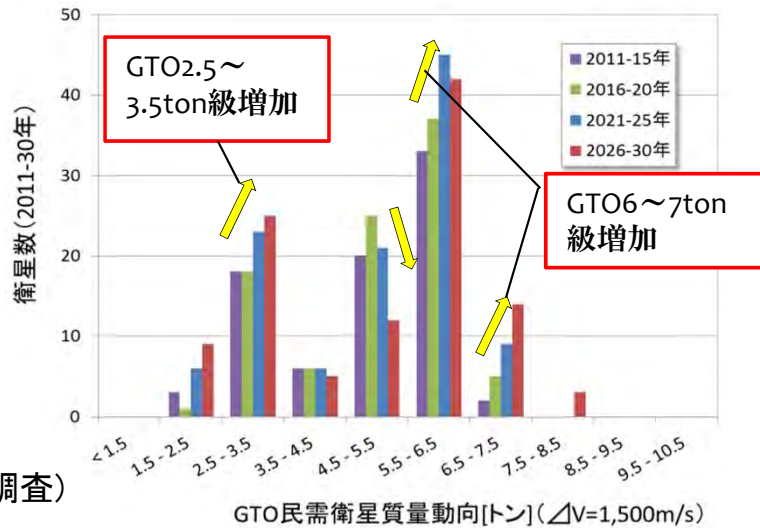


国内の太陽同期軌道(SSO)衛星のサイズ動向 (JAXA調査)



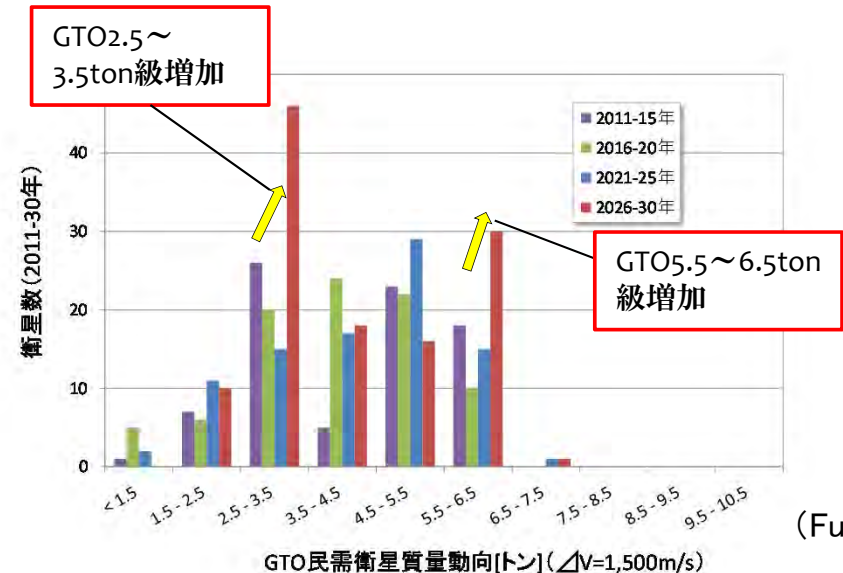
国内の官需衛星の需要 (JAXA調査)

● 商業静止軌道衛星のサイズ動向



(Euroconsult調査)

商業静止軌道衛星のサイズ動向

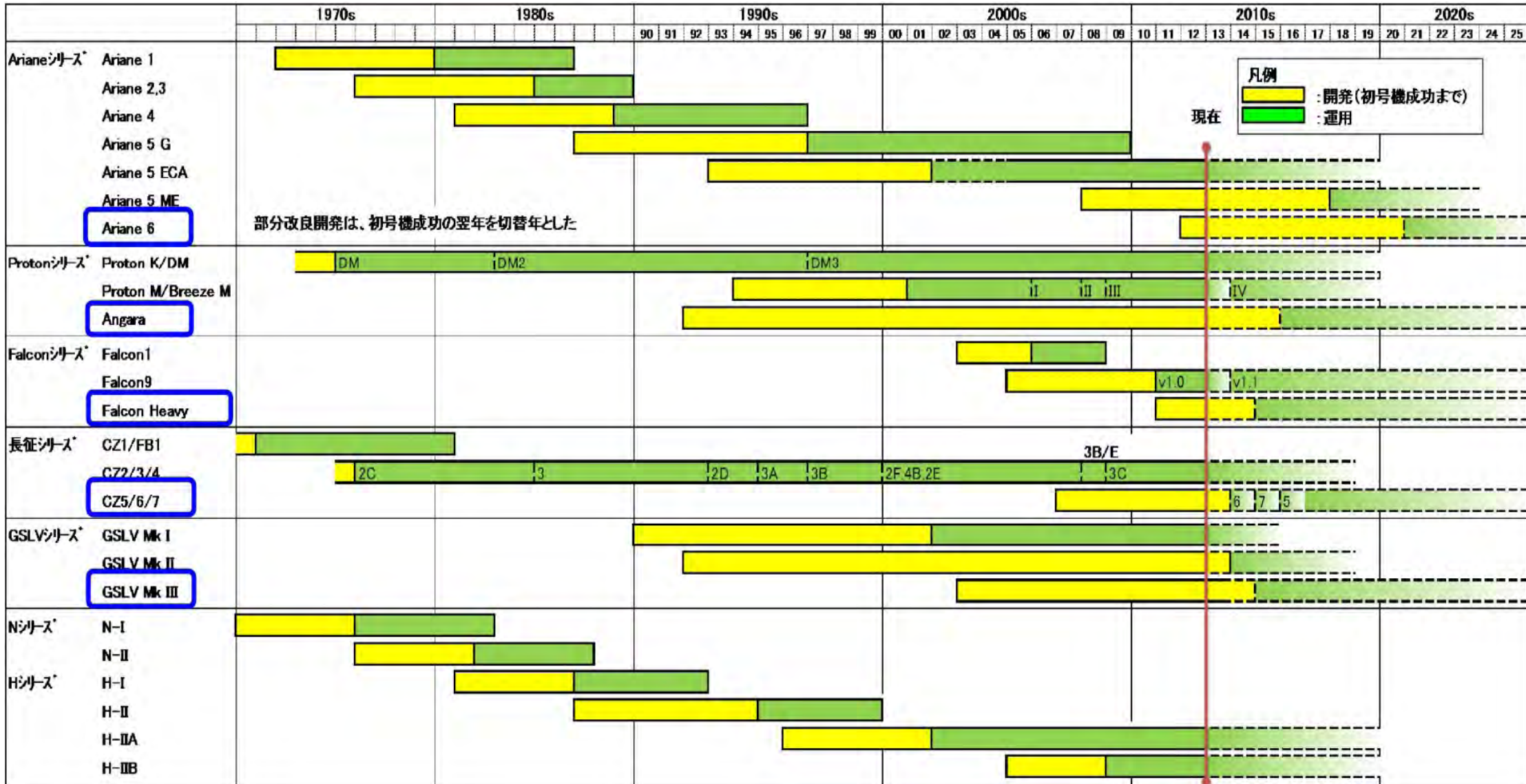


(Futron調査)

商業静止軌道衛星のサイズ動向

(参考) 将来の海外ロケットの動向

- 各国においても、2010年代中頃から2020年代初めにかけて、今後の利用ニーズを踏まえた新規ロケットを開発中



② 将来輸送系に向けた取組

- * 次期基幹ロケットの開発は、高い安全性、信頼性を持つ技術基盤・産業基盤を確立し、将来輸送系につなげるために不可欠となる中間ステップ
- * 将来輸送系のために必要な主要技術課題について、次期基幹ロケット開発を通じて着実かつ効率的に克服し、効率的・段階的に技術レベルを向上

