

# 新型基幹ロケット(液体燃料ロケット)の 開発管理について

---

平成25年10月7日  
(独)宇宙航空研究開発機構  
(JAXA)

1. はじめに
2. 欧米における開発管理について
  - 2.1 米国
  - 2.2 欧州
3. 新型基幹ロケットの開発管理について
  - 3.1 JAXAにおける基本的な取り組み方
  - 3.2 事業評価について
  - 3.3 新型基幹ロケットの開発で新たに取り組む事項

# 1. はじめに

---

新型基幹ロケットの開発においては、コストオーバーランや開発遅延のないよう適切な開発管理を行う計画である。

以降にその内容を記す。

## 2. 欧米における開発管理について

### 2.1 米国

#### (1) 組織内部の取り組み

- 米国の宇宙機関 (DoD/NASA) においては、以下のプロジェクトマネジメント要求に基づき、プログラム・プロジェクトの開発管理を実施している。
  - DoD : Operation of the Defense Acquisition System (DODI5000.02)
  - NASA : NASA Procedural Requirements (NPR 7120.5E)

- DoD/NASAともに、開発のフェーズ毎に内部の独立した委員会(※1)により、コスト、スケジュール、技術開発の状況等に関する審査(PDR、CDR等)が行われ、その結果を踏まえて、プログラム・プロジェクトの規模に応じた決定権者によるフェーズアップの審査(※2)が行われる。

(※1) DoD: Defense Acquisition Board (DAB), NASA: Standing Review Board (SRB)

(※2) DoD: Major Decision Point Review, NASA: Key Decision Point Review

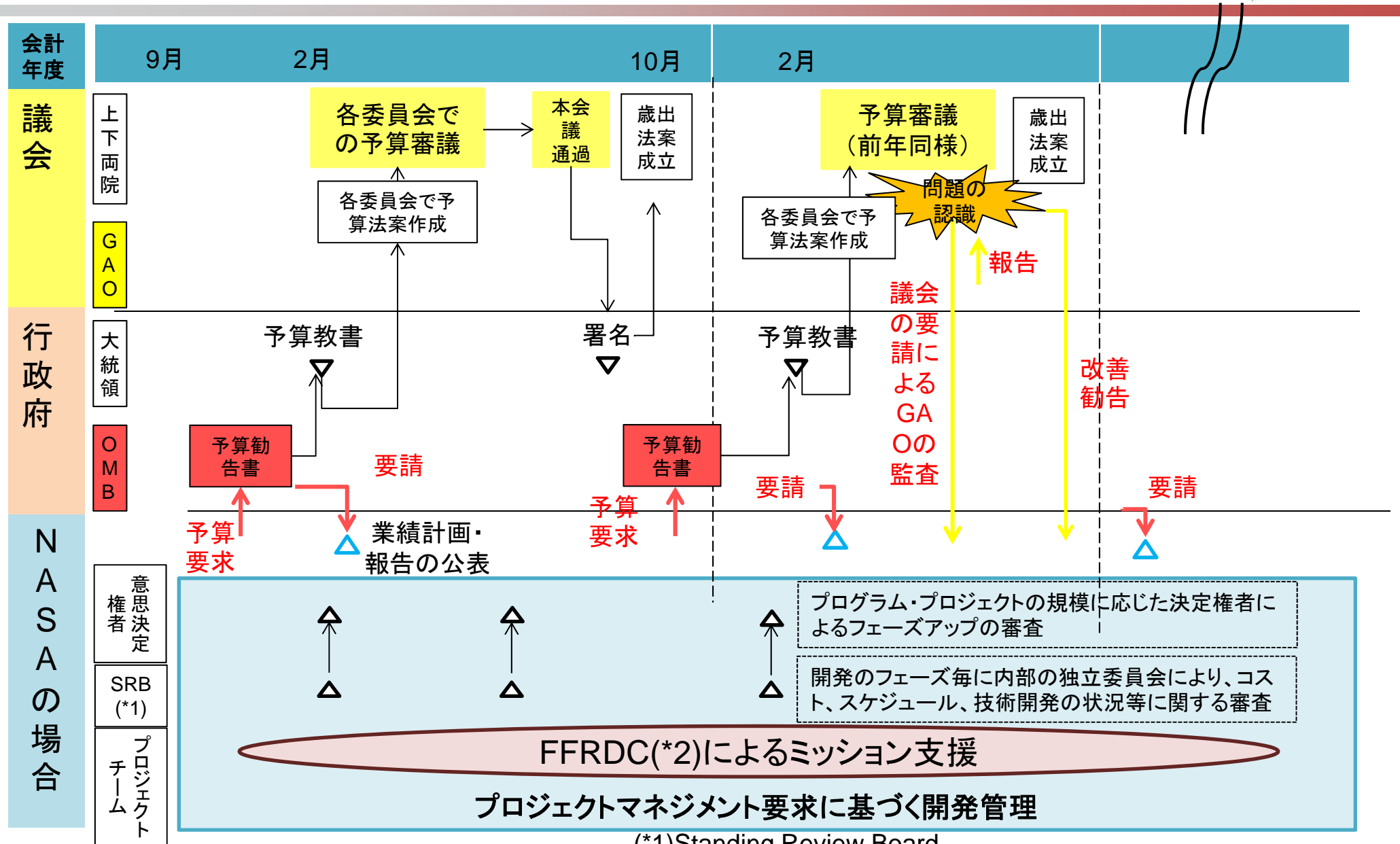
## 2. 欧米における開発管理について

### 2.1 米国

(2) 外部からの確認・評価(予算執行管理の観点からの確認・評価)

- 連邦政府の各省庁は、1993年に成立した政府業績成果法 (Government Performance and Results Act: GPRA、2010年改訂) に基づき、組織の使命、目的及び目標を体系的に提示すること、そして、目標の達成度合い(コスト、スケジュール、技術開発の状況等)を毎年、議会に報告することが義務付けられている。
- 行政管理予算庁 (Office of Management and Budget: OMB) からの要請により、各プログラム・プロジェクトの業績計画・報告が公表され、議会の予算審議に反映される。
- コスト超過やスケジュール遅延などの問題が発生しているプログラムに対しては、議会の要請に基づき、政府監査院 (Government Accountability Office: GAO) が監査を行い、改善のための勧告の報告書が議会に提出される。

# 米国における確認・評価のタイミングと関係組織



(\*1) Standing Review Board

(\*2) Federally Funded Research and Development Center

## 2. 欧米における開発管理について

### ● 議会と政府監査院 (Government Accountability Office: GAO)

- 米国は日本と異なり政府提出法案ではなく議員提出による予算法案が審議される。
- 米国政府監査院 (GAO) は議会のための独立した超党派の機関であり、立法府附属型最高会計検査機関。「議会の見張り」として、連邦政府による資金執行が効率的かつ効果的に行われているかを判断するために各局省庁を検査するとともに、改善のための勧告を行う。これらの検査は、ほとんどが議会委員会または小委員会の要請や、議会により定められた法律に基づき行われる。
- 連邦議会の委員会は所管法令の施行状況等に関する行政活動に関する権限が与えられている。その過程で議会はGAOに検査を要請し、GAOの報告書を活用し、法令の見直しと予算編成に反映。

#### GAO報告書の例 「大規模プロジェクトに対するアセスメント」(2013年4月17日)

##### “Assessments of Selected Large-Scale Projects (GAO-13-276SP)”

- ✓ NASAの主要なプロジェクトのポートフォリオが縮小する中、James Webb宇宙望遠鏡のために追加の\$14億ドルが2012年から2017年にかけて必要という議論を受け、下院歳出委員会が2009年歳出法案に基づきGAOにNASAの大規模計画・活動について報告するよう指示。
- ✓ NASAの主要なプロジェクトについて、各種データ(プロジェクト進捗状況、コスト・スケジュール、技術的成熟度、設計安定性)の分析等を通じて、コスト・スケジュールの達成度合いを評価し、年1回報告書が議会に提出される。

## 2. 欧米における開発管理について

### 2.1 米国

#### (3) 専門家によるミッション支援

##### ● Aerospace Corporation

- 1960年創設のFFRDC (Federally Funded Research and Development Center) で、非営利、独立した助言等を提供する専門的組織。
- 米国の全ての国家安全保障宇宙計画をサポートし、NASA、NOAA等の宇宙計画も支援。
- 空軍やNASAと契約し、各機関の職員と協働する形で、打上げ、宇宙及び関連地上システムのための科学的・エンジニアリング面での支援、長期プログラムの支援などを通じ、開発リスクとコストの削減、ミッションサクセスに貢献。
- 職員数は約4,000名であり、産業会、大学、軍関係、政府関係等における従事経験を有する豊富な人材で構成されている。
- スポンサーは空軍。その他主要顧客は国家偵察局(NRO)、NASA、NOAA等。契約収入約9億ドル(2012)。



## 2. 欧米における開発管理について

### 【補足】Federally Funded Research and Development Center

- 立法により設立される準政府機関であり、米国連邦政府が資金を提供する研究開発センターとして、産業、大学、非営利民営機関等が研究開発活動を実施する。(連邦政府のニーズを民間組織を通じて実現するハイブリッド組織)
- 第二次世界大戦において科学者と技術者を結集する必要から、政府所有且つ非政府の運営で、国家公務員管理のルールや運営法に従わなくて良い組織を設立したのが起源。戦後、高度な人材を政府の仕事のために維持・活用する方法として、1947年空軍がランド研究所(RAND)をFFRDCとして設立して以来、JPL、ロスアラモス国立研究所等、様々なFFRDCが設立され今日に至る。(2013年現在41のFFRDCが存在)
- 政府の職員制度では雇う事が出来ない人材(分析、エンジニアリング、調達支援、研究開発等の知識・経験を持つ)を政府に提供するが、公共資金を使い非政府が運営するという性質上、FFRDCの仕事は全て、スポンサーである連邦政府の許可が必要。

(FFRDCとスポンサーの例)

Aerospace corporation-空軍、JPL-NASA、ロスアラモス国立研究所-エネルギー省 など

## 2. 欧米における開発管理について

### 2.2 欧州

#### (1) 組織内部の取り組み

- 欧州の宇宙機関においては、以下のプロジェクトマネジメント要求に基づき、各プログラム・プロジェクトの開発管理を実施している。
  - ESA : European Cooperation for space Standardization (ECSS)
  - CNES : CNES Normative System (ECSSがベース)
  
- ESAでは、開発フェーズ毎に内部の独立評価チームにより、コスト、スケジュール、技術開発の状況等に関する審査 (PDR、CDR等) が行われる。また、プロジェクト設置時に、ESA長官を含む経営幹部による審査 (Independent Project Review: IPRev) が行われる。
  
- CNESでは、開発フェーズ毎に外部専門家より構成される独立評価グループにより、コスト、スケジュール、技術開発の状況等に関する審査 (PDR、CDR等) が行われる。また、プロジェクト設置時に、理事会 (Boards of Directors) による審査が行われる。

## 2. 欧米における開発管理について

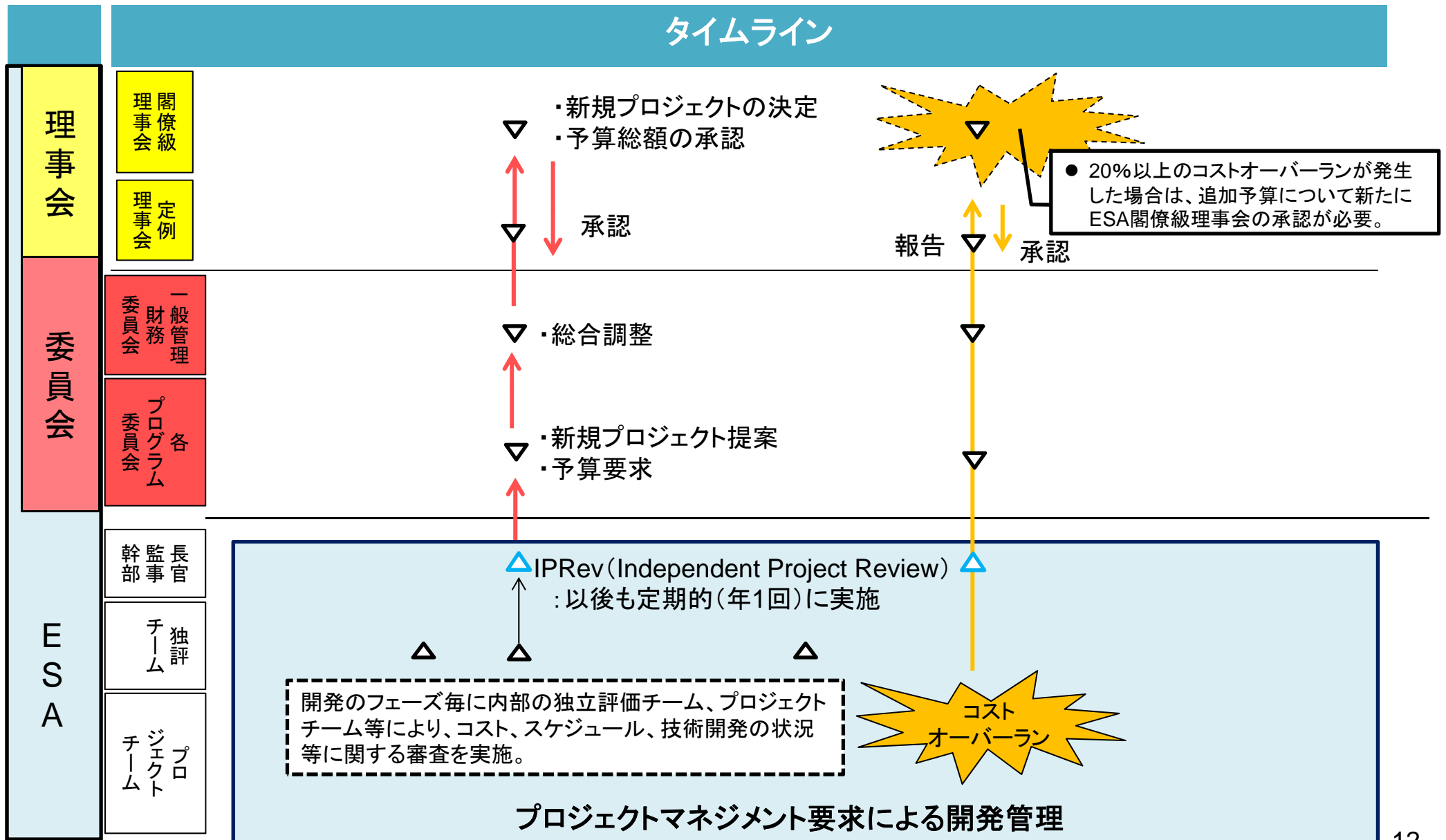
### 2.2 欧州

#### (2) 独立的な第3者評価の仕組み

- ESAにおいては、理事会・委員会による承認を経て、新規プロジェクトが設置されるとともに予算総額が承認される。
  - プロジェクト設置後、20%以上のコストオーバーランが発生した場合、追加予算について新たにESA閣僚級理事会の承認が必要となる。

組織	理事会		委員会
	ESA閣僚級理事会	ESA定例理事会	・各プログラム毎の委員会 ・一般管理財務委員会
開催頻度	約3年に1回	1年に4回程度	1年に4回程度
機能	①ESA政策・計画・予算の決定 ②加盟国との政治的な調整 ※閣僚級理事会は特に重要な案件の意思決定		①各分野のESAプログラムの計画立案及び審査 ②ESA理事会への報告
構成員	各加盟国の閣僚級レベル	各加盟国から選出される代議員	各加盟国から選出される代議員及びESA役員

# 欧州における確認・評価のタイミングと関係組織



### 3. 新型基幹ロケットの開発管理について



政府／JAXA／民間事業者(※1) 各々が実施する開発管理について以下に記す。

(※1) 新型基幹ロケットの機体開発・運用とりまとめる担当企業のこと

- 政府は政策的観点や予算の適正な執行等の観点からJAXAが実施する新型基幹ロケット開発プロジェクトの実施状況等について評価を行う。
- JAXAは総合システム(※2)を担う立場として、新型基幹ロケット開発プロジェクト全体をマネジメントし、コストオーバーランや開発遅延のないよう適切に開発管理を行う。  
(※2) ロケット機体・射点系地上設備、飛行安全・通信系システムからなるロケットの安全・確実な打上げを実現するシステム全体のこと  
その実施状況について、JAXA内のフェーズ審査等に加えて、JAXA外の第3者として政府の評価が必要と考えている。  
次頁以降にJAXAが実施する開発管理について記す。
- 民間事業者は、JAXAが実施する新型基幹ロケット開発プロジェクトの下でロケット機体開発をとりまとめる。  
なお、キー技術の研究開発については、JAXAが主体となって実施し、民間事業者の関与の仕方については今後協議する。

# 3. 新型基幹ロケットの開発管理について



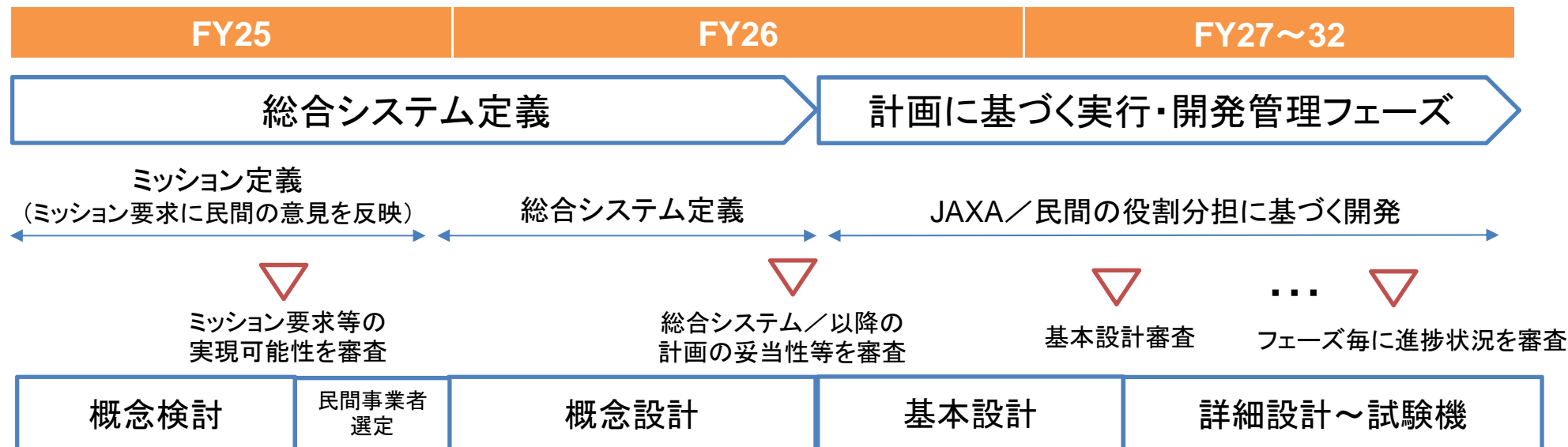
## 3. 1 JAXAにおける基本的な取り組み方

- 新型基幹ロケット開発においては、JAXAにおけるシステムズエンジニアリング(SE)／プロジェクトマネジメントプロセス(PM)に沿って、開発のフェーズ毎にプロジェクトのベースライン(コスト、スケジュール、技術開発状況等)を確認・審査することで開発管理を行う。
- 現在まで総合システムのコンセプトに基づき、コスト・スケジュール等の開発計画を検討してきており、今後、新型基幹ロケットの機体開発・運用をとりまとめる担当業者(民間事業者)を選定し、概念設計を行って適切なマージンを含む開発コストを明確にしてプロジェクトのベースラインを設定する。
- その上で、開発の進捗(コスト、スケジュール、技術開発状況等)を定量的に把握しつつ、適切なタイミングでJAXA内のフェーズアップ審査、事業評価などの仕組みにより次工程への移行可否を判断して進める。
- また、開発フェーズを通して、JAXA内の第3者評価や経営層へのプロジェクト進捗報告等の枠組みにより日常的なチェックを行う。

### 3. 新型基幹ロケットの開発管理

#### ■ 新型基幹ロケット 開発の流れとJAXAのフェーズ審査

- 輸送部会の審議を踏まえて今年度中にミッション要求等の実現可能性を審査。
- 民間事業者を選定した上で、FY26中に概念設計を行い、総合システムの定義及び以降の計画の妥当性を審査。
- 基本設計以降、フェーズ毎にプロジェクトのベースラインを審査して進める。

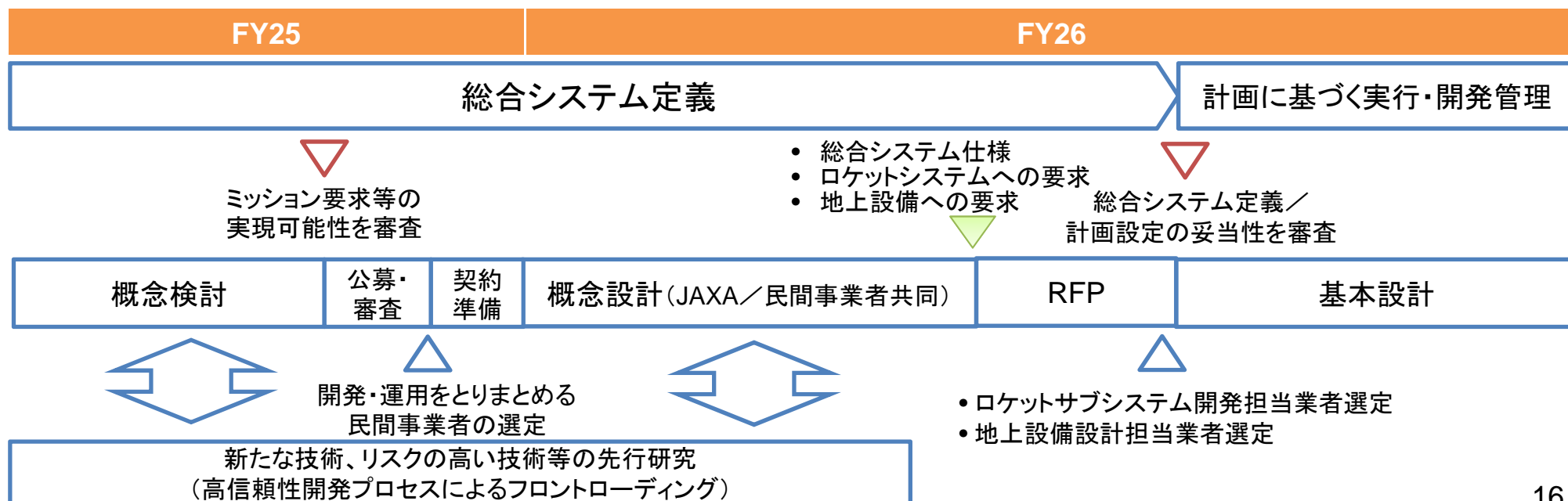


- 市場動向等を踏まえた要求分析とミッション要求等の上位要求の設定
- 総合システムのコンセプト/実現可能性の検討(要素研究等のフロントローディング含む)
- 開発コスト、スケジュール見込み
- 総合システムの技術的成立性
- リスク識別/リスク低減計画の作成
- 開発コスト(マージン含む)、スケジュール設定
- 計画に基づく段階的なプロジェクトの推進と管理。
- フェーズ毎の審査、第三者評価、経営層へのプロジェクト進捗状況報告等の枠組みにより、開発プロジェクトのスコープに対する達成状況等を適宜評価。

### 3. 新型基幹ロケットの開発管理

#### ■ 民間事業者の選定の進め方(案)

- 輸送部会の審議後、新型基幹ロケットの開発・運用をとりまとめる民間事業者を条件を定めて公募・審査により選定する。
- その上で、概念設計を民間事業者と共同で行い、JAXAは総合システム仕様を設定し、ロケットシステム及び地上設備等への要求を作成する。
- 上記要求に基づき、民間事業者はロケットシステム仕様(案)を作成する。
- このロケットシステム仕様(案)に基づきRFPによりサブシステム開発担当業者を選定(※)する。  
(※)キー技術の開発担当業者はJAXAが選定し、キー技術以外の開発担当業者は民間事業者が選定する。
- 上記により、総合システム仕様に合致する総合システムを定義するとともに、開発コスト、スケジュール等のプロジェクトのベースラインを設定する。

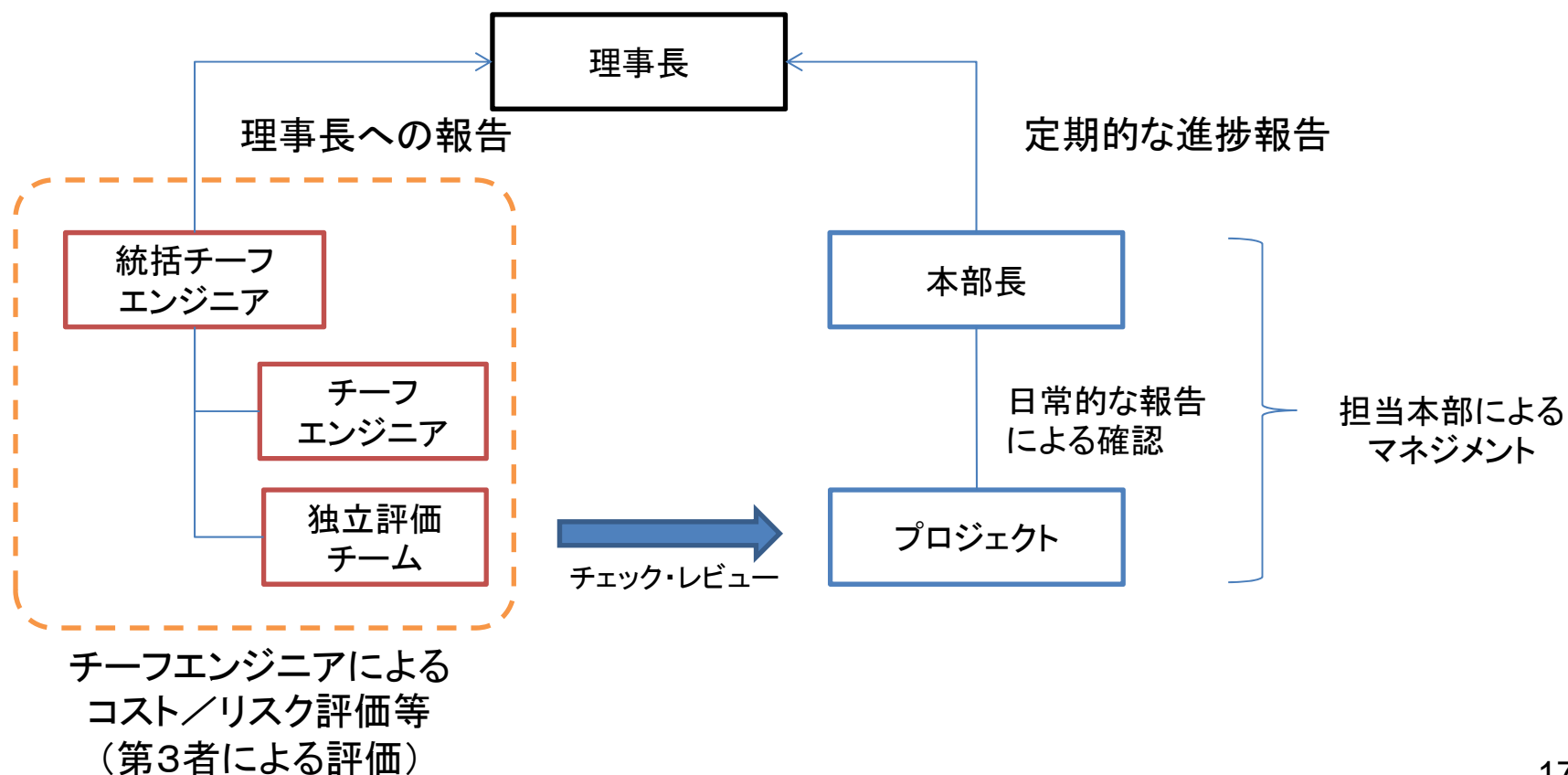




### 3. 新型基幹ロケットの開発管理

#### ■ プロジェクト活動に対する第3者評価

JAXAではプロジェクトが自ら実施するSE/PM活動に対して第3者の立場でこの活動を評価するチェック&バランス体制を有しており、機構全体をあげてプロジェクトの確実かつ効率的な推進を図っている。

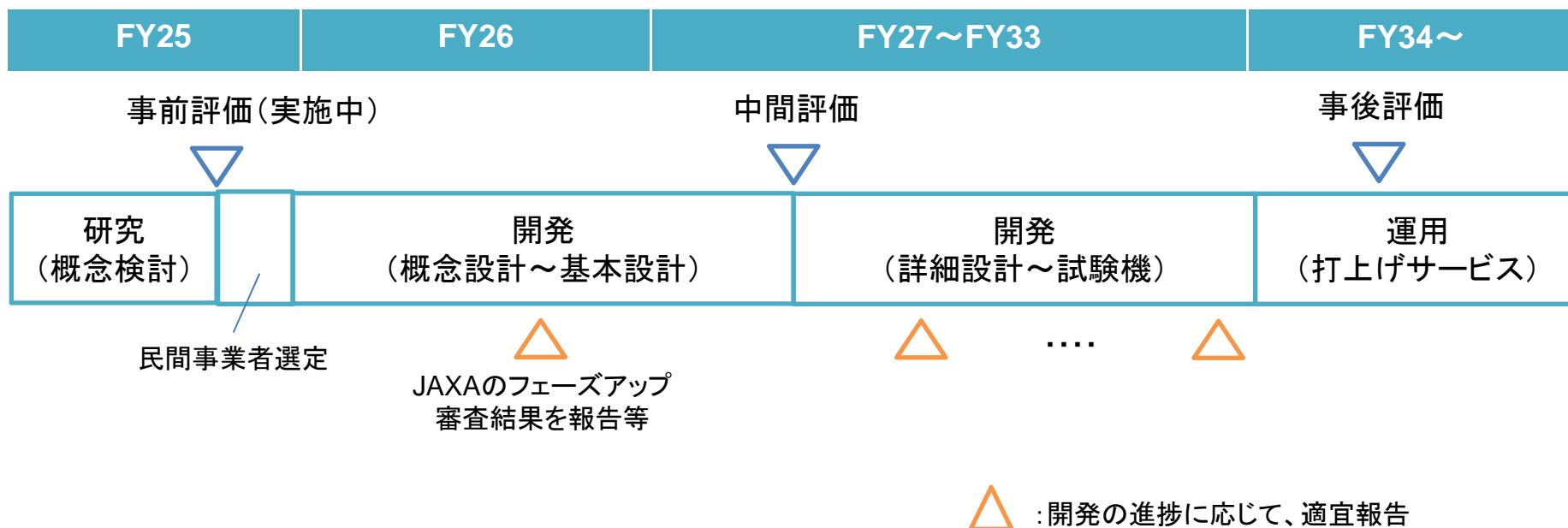


# 3. 新型基幹ロケットの開発管理

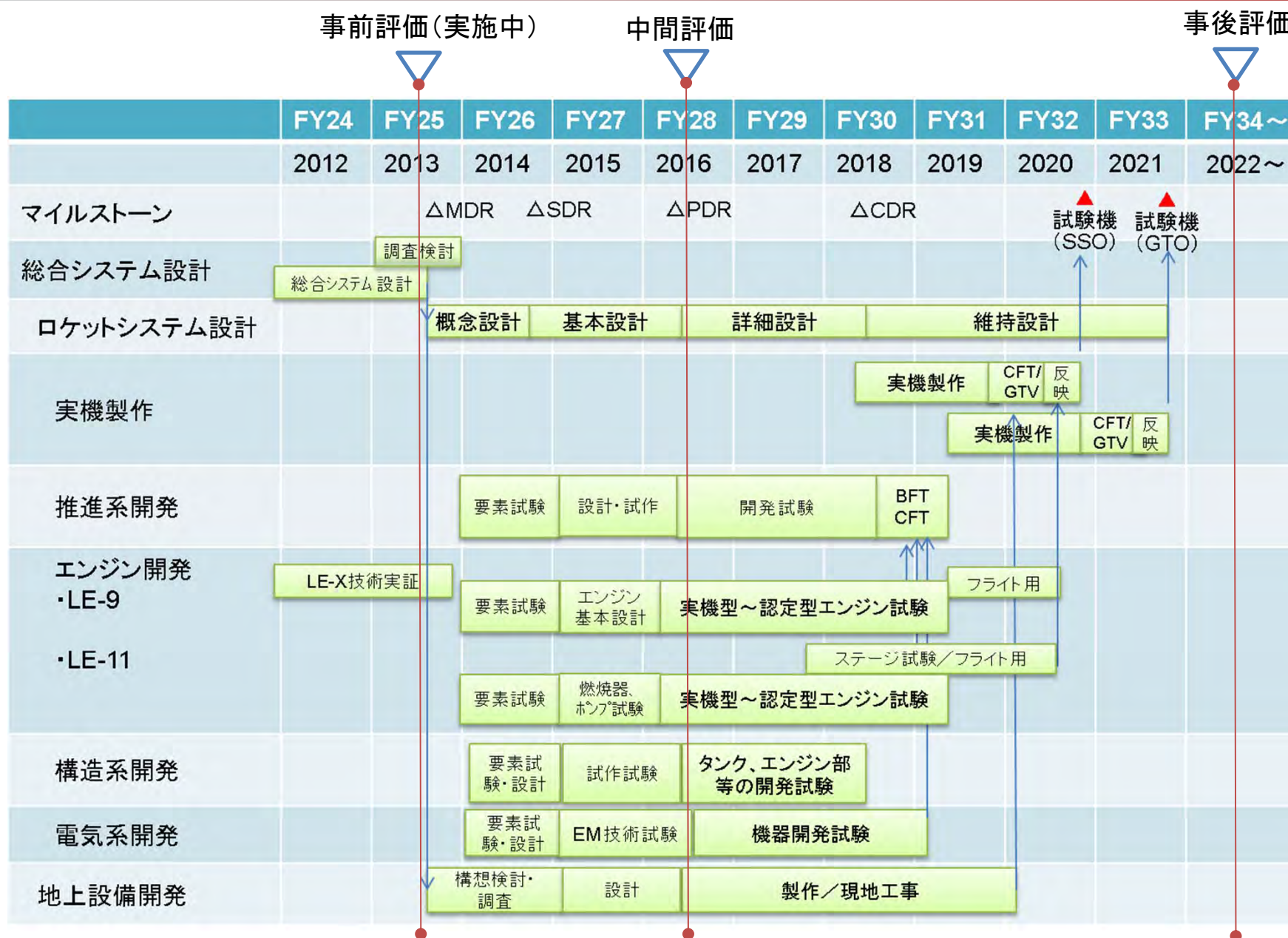
## 3.2 事業評価について

### ■ 事業評価のタイミング(案)

- 以下の記すタイミングで政府による第3者評価(中間評価及び事後評価)が必要と考えている。
- 今後、評価実施主体、評価項目等について政府とともに検討・調整する。



# 3. 新型基幹ロケットの開発管理



## 3. 新型基幹ロケットの開発管理

### 3.3 新たな取り組みについて

新型基幹ロケットの開発においては、これまでのロケット開発で得られた経験・知見を踏まえて以下の新たな取り組みにより効率的な開発を行う。

- 開発初期段階(～概念設計)において、高信頼性開発プロセスによるフロントローディングを充実させ、開発後半におけるトラブルの発生を極力減らして手戻りの少ない開発とする。
- 開発の進捗に応じてプロジェクトの状況(コスト、スケジュール等)を定量的に把握するEVM(Earned Value Management)の考え方に基づき、課題／リスク等を早期に発見して対処する仕組みの適用を検討する(概念設計で試行する)。

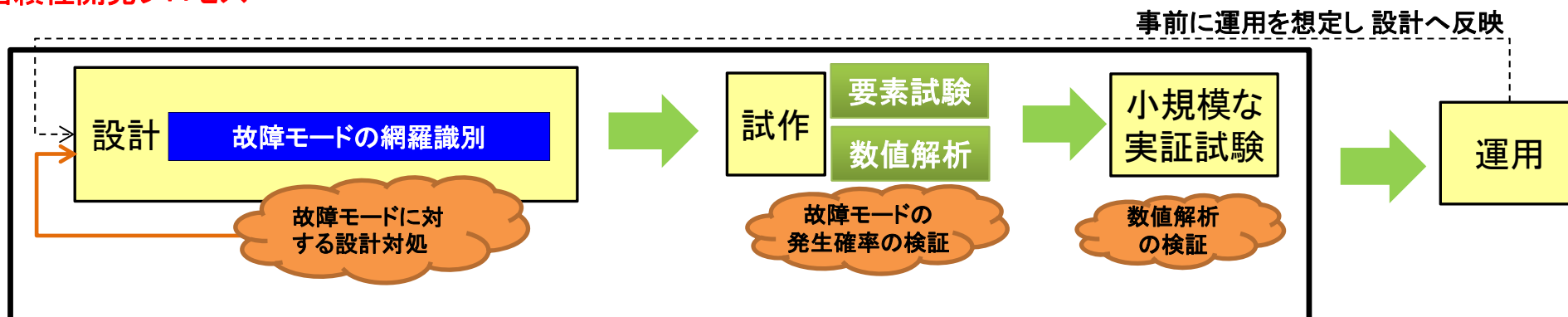
# 高信頼性開発プロセス

## ■ 高信頼性開発プロセス

(補足) 高信頼性開発プロセスとは、開発初期段階で故障モードを網羅的に識別し設計で対処するフロントローディング充実化の一方策

- 開発後期での不具合発生防止がコストオーバーランの防止に有効である。
- このためには開発初期段階で故障モードを網羅的に識別し設計で対処する。
- その上で、要素試験や数値解析を中心として設計対処が充分であることを定量的に検証し、大規模な実証試験を縮小し効率的な開発を行う。

### 高信頼性開発プロセス



### コンセプト

#### I. 故障モードの網羅的な識別と対処

- ✓ これまでの開発知見を集約し活用
- II. 設計信頼度の定量評価
- ✓ 故障モード毎の発生確率を定量評価

#### III. 数値解析・要素試験中心の検証

- ✓ これまでの要素試験に基づく精緻な物理モデルを構築し、複雑な現象を高精度で予測・評価
- ✓ 解析ソフト/スーパーコンピュータの性能向上を活用

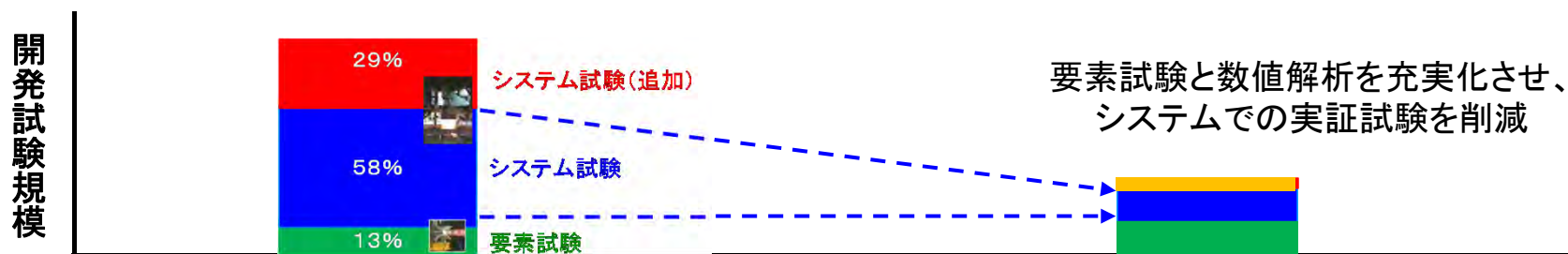
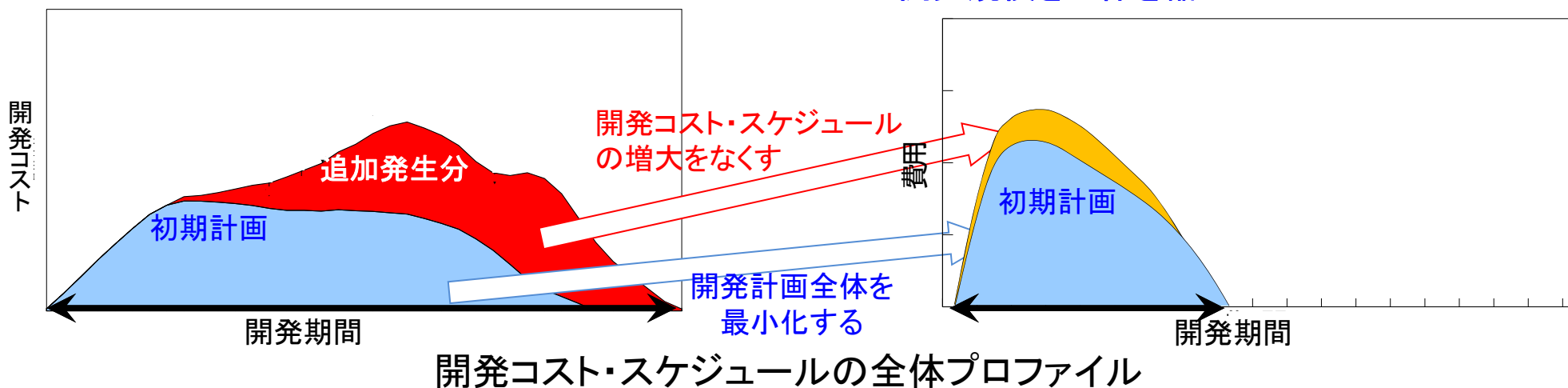
# 高信頼性開発プロセスの効果

## 従来の開発プロセス

- ✓ 開発後期の実証試験での不具合発生により、開発コスト・スケジュールが増大
- ✓ 検証は大規模な実証試験が中心のため、開発コスト・スケジュールが全体的に大きく、検証抜けも生じやすい。

## 高信頼性開発プロセス

- ✓ 設計段階から網羅的に故障モードへ対処することで、開発後期での不具合発生をなくし、開発コスト・スケジュールの増大を防止。
- ✓ 数値解析と要素試験を中心として故障モード毎に設計を検証することで、高価な実証試験の規模を縮小し開発規模を全体を縮小



コスト比較: LE-7(実績) ⇔ 新型エンジン(推算)

# プロジェクトの進捗管理について

## ■ 定量的進捗管理について

- 米国では、DoDやNASAの調達契約の前提としてEVMの実施が位置付けられ、ガイドライン等の標準を整備して、プロジェクトの進捗状況の透明化を図る取り組みがなされている。
- 日本でも、航空機産業(民間航空機エンジンなど)において定量的進捗管理の取り組みが進められてきている。
- 新型基幹ロケットの開発プロジェクトでも、コスト、スケジュール、技術開発状況等の進捗状況を定量的に把握し、実効的なプロジェクト管理を可能とする仕組みの導入を検討し、概念設計で試行する。