H3ロケット

試験機1号機打上げを目指して

JAXA Symposium 2022 / 2022.11.26

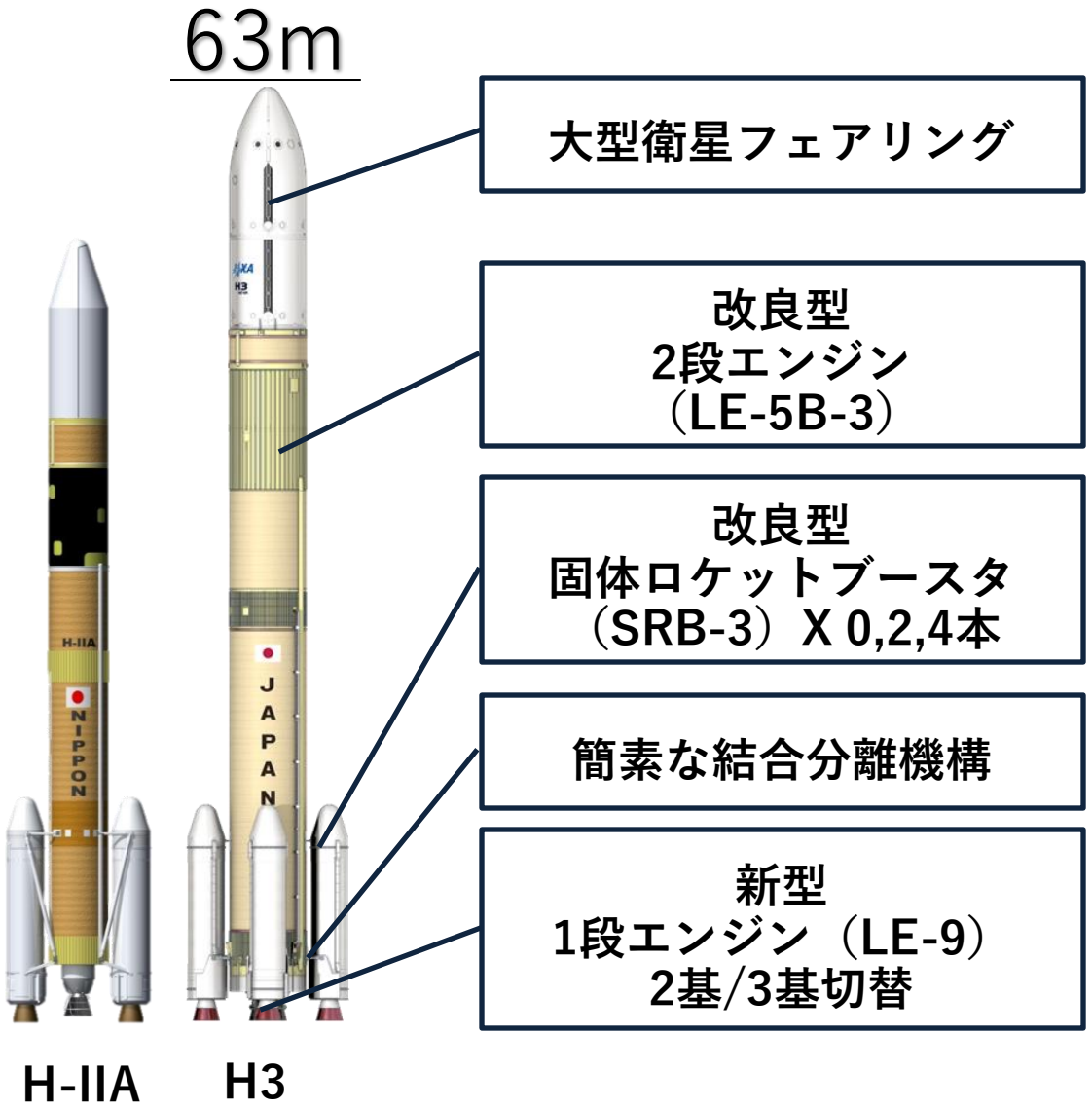
岡田 匡史 H3プロジェクトチーム プロジェクトマネージャ

JAXA Explore to Realize

2019年のJAXAシンポジウムでお話したこと

- **H3のミッションとビジネスモデル**
  - 宇宙利用の急速な拡大を支える輸送システム
  - 日本独自の打上げ能力（自立性）と国際競争力
- **H3ロケットの狙い**
  - 高信頼性、低価格、柔軟性
  - 利用者の声を実現
- **どのようなロケットにしたいか？**
- **開発状況**
  - 7合目を過ぎ、いよいよ佳境に

どのようなロケットにしたいか?（おさらい）



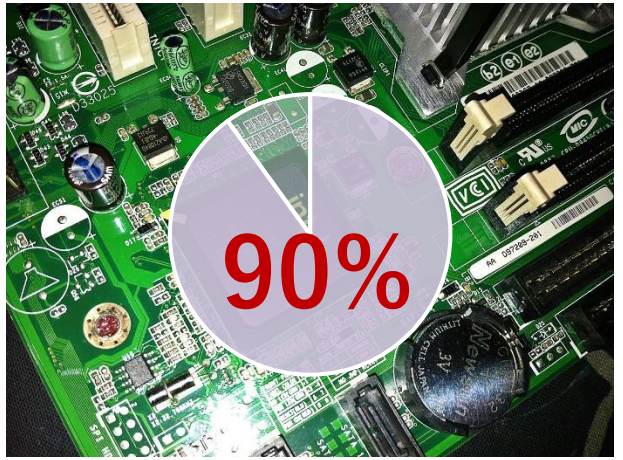
- **20年間ロング/ベストセラー**
  - どう使い、成長させてゆくかを見通す
  - トリセツを作ってから設計
- **日本の強さ・魅力の発揮**
  - 信頼性、きめ細かさ、モノづくりの妙
- **民間ビジネスとして自立**
  - 打上げ会社が自らロケット開発をリード
    （JAXA：設備を含む総合システムを開発）

設計/製造/運用 あらゆる面からコストダウン（おさらい）

■ 新型エンジンLE-9

- 大推力
- オール電化制御
- 3Dプリンタ

■ 自動車用電子部品の採用



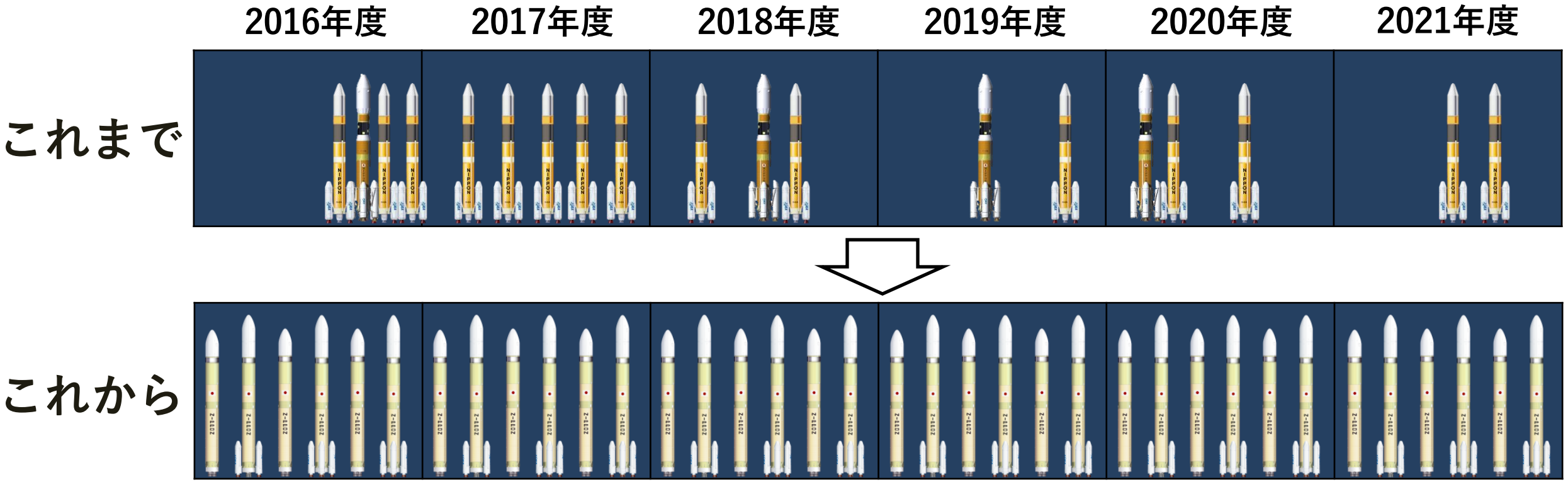
■ 一品生産からライン生産へ

■ 打上げ要員を1/4に

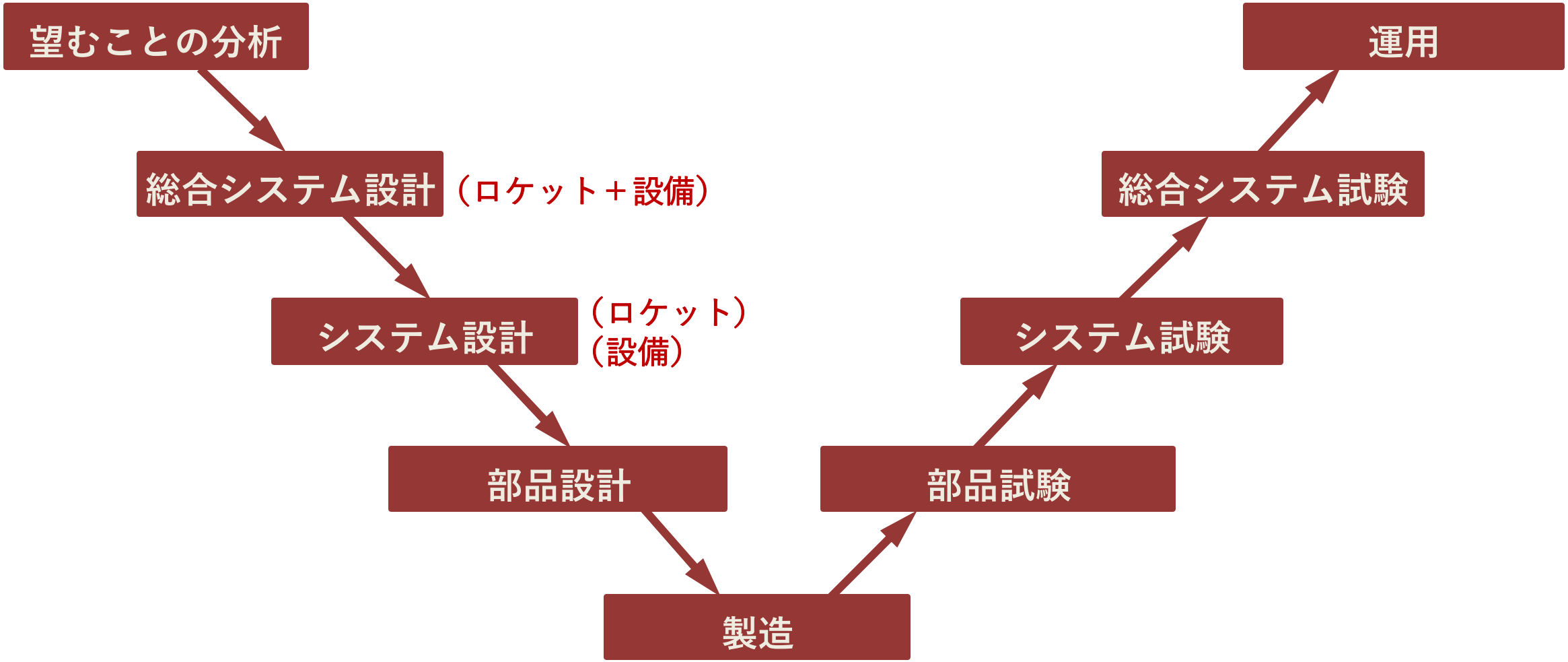
- 自動点検

目指す運用コンセプト（おさらい）

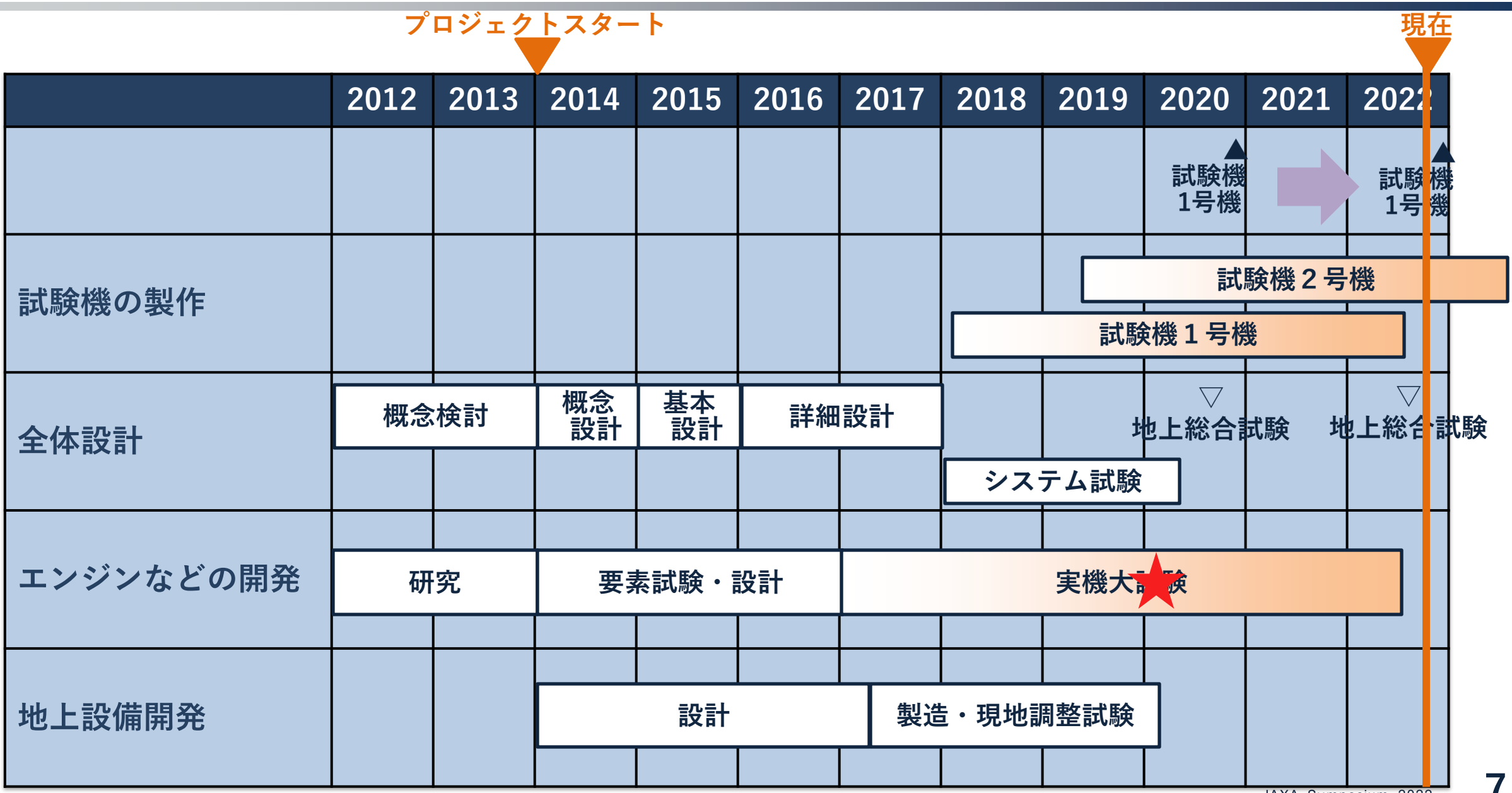
- 注文から打上げまで： 2年 → 1年
- 打上げ間隔： 2ヶ月 → 1ヶ月
- 組み立て作業： 1ヶ月 → 0.5ヶ月



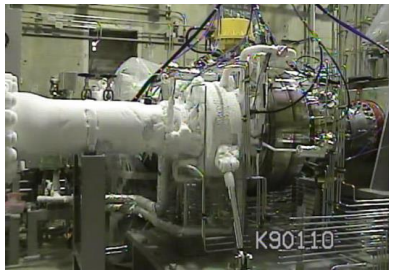
望むことをカタチに

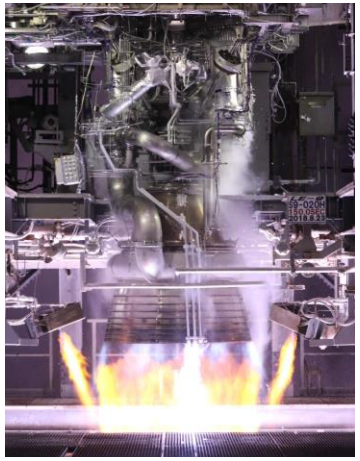

望むことの分析
総合システム設計
（ロケット＋設備）
システム設計
（ロケット）
（設備）
部品設計
製造
部品試験
システム試験
総合システム試験
運用

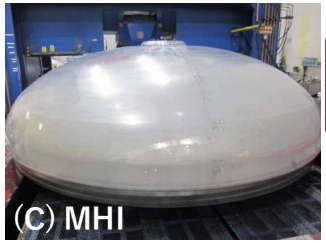
プロジェクト計画


プロジェクトスタート
現在
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
試験機
1号機
試験機
1号機
試験機の製作
試験機２号機
試験機１号機
全体設計
概念検討
概念
設計
基本
設計
詳細設計
地上総合試験
システム試験
エンジンなどの開発
研究
要素試験・設計
地上設備開発
設計
製造・現地調整試験

システム統合は進んでいた







運用

総合システム試験

システム試験

部品試験

製造

開発の状況

- **170**（試験機打上げまでの日数）
  3286（プロジェクト着手から試験機打上げまでの総日数）
  - 8合目を過ぎたあたりから、LE-9エンジン開発が難航
    - 燃焼室とターボポンプ：技術の壁
    - 毎日、前日より悪い知らせ
    - 日本の宇宙計画へ大きな影響
  - そして今、山頂まであと一歩
- 長かった…

エンジニアの思い

2020年5月25日更新
LE-9エンジン燃焼試験

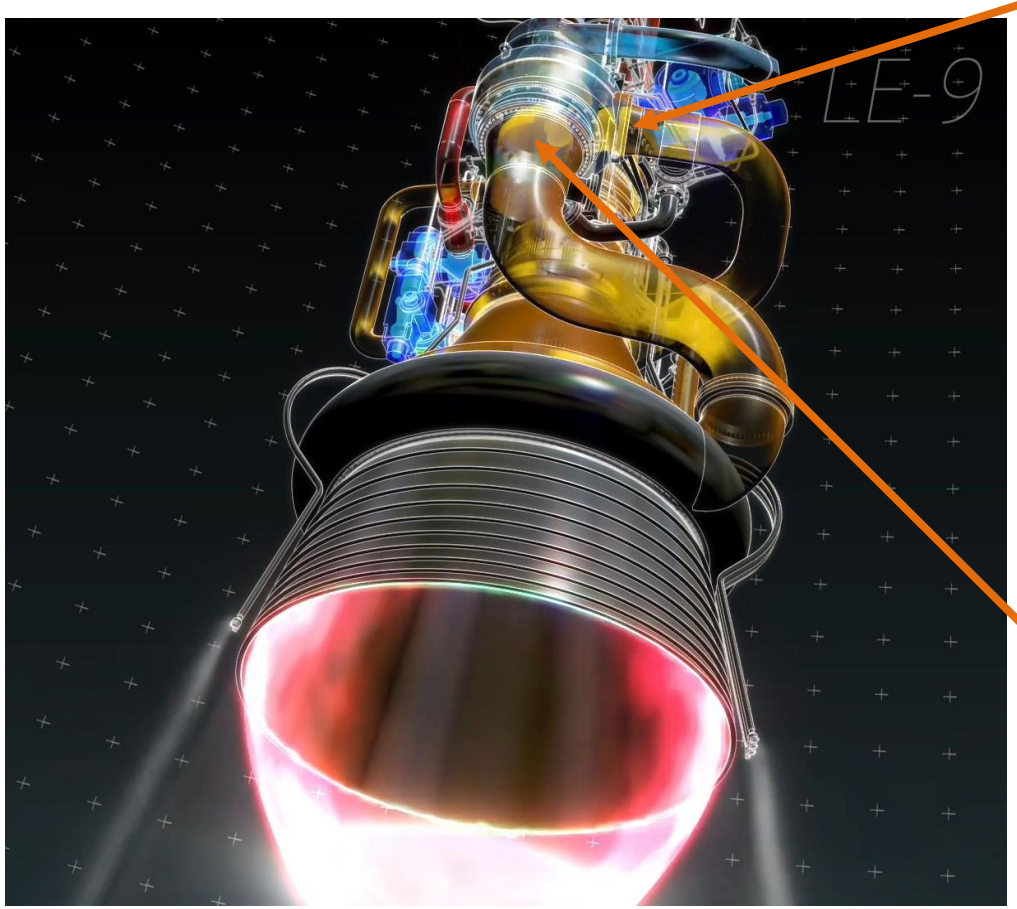
JAXA HP H3ロケットトピックス　より
https://www.jaxa.jp/projects/rockets/h3/topics_j.html

It always seems impossible until it’s done.（何事も成功するまでは不可能に思えるものだ）
Nelson Mandela（ネルソン マンデラ）

ロケットの開発はいつのときも困難を極める。・・そしてロケットの開発試験の中でも最も困難を極めるのがエンジンの燃焼試験である。
・・
エンジンの燃焼試験を開始する瞬間、コントロールルームは何とも言えない緊張感に包まれる。・・闘牛の世界に「真実の瞬間」という言葉がある。闘牛士が闘牛に向かって最期の一撃を加える瞬間のことで、エンジンの燃焼試験はまさに真実の瞬間と言える。・・長い年月かけて行った努力が正しかったのかどうか、成否を分かつ瞬間である。・・何度経験しても慣れない。いつも寿命の縮む思いがする。
燃焼試験の結果が残念ながら設計意図とは異なっていることはよくある。・・故障が発生するたびに関係者は頭を抱え、夜通し対策を検討する。・・自信をもって設計したものほど、故障が発生したときには解決は不可能に感じる。しかし諦めずにそれらを１つ１つ解決していく。・・
まだまだゴールは遠く、無事開発を完了する姿をまだまだイメージできない。しかし必ずやり遂げられると信じて今日もまた真実の瞬間を迎える。

S9-020H
150.0SEC
2018.8.23

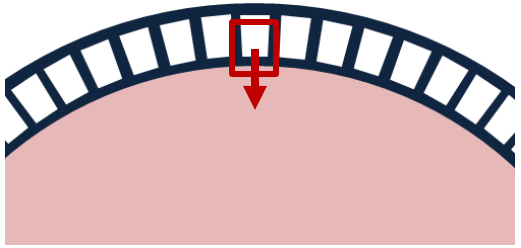
LE-9エンジン　技術の壁

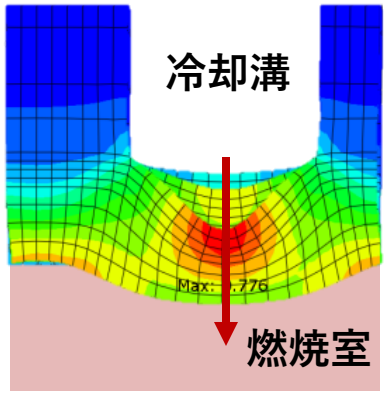


■燃焼室

■内壁の開口

- 高温により変形
- 壁の冷却溝から燃焼室内へ



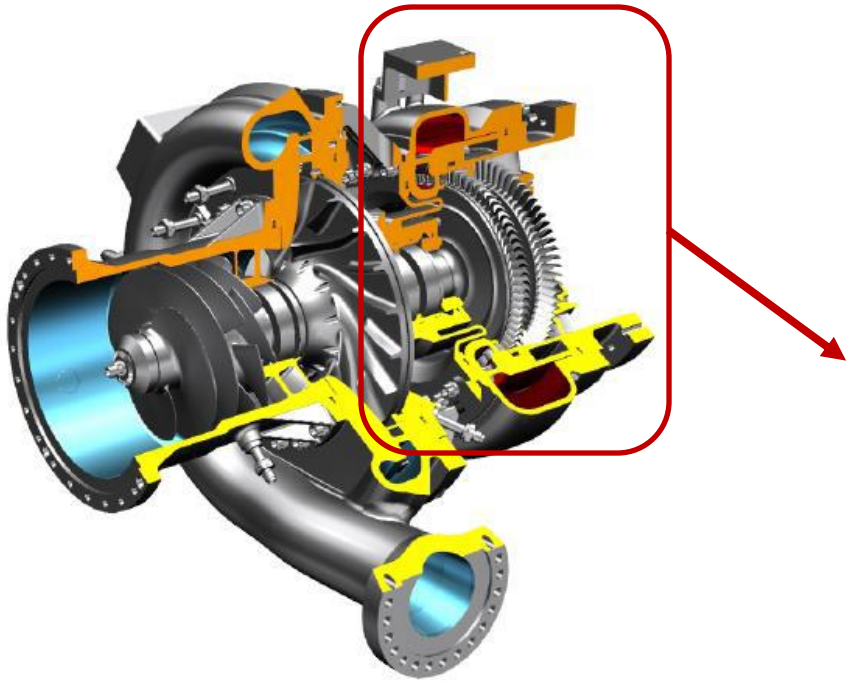


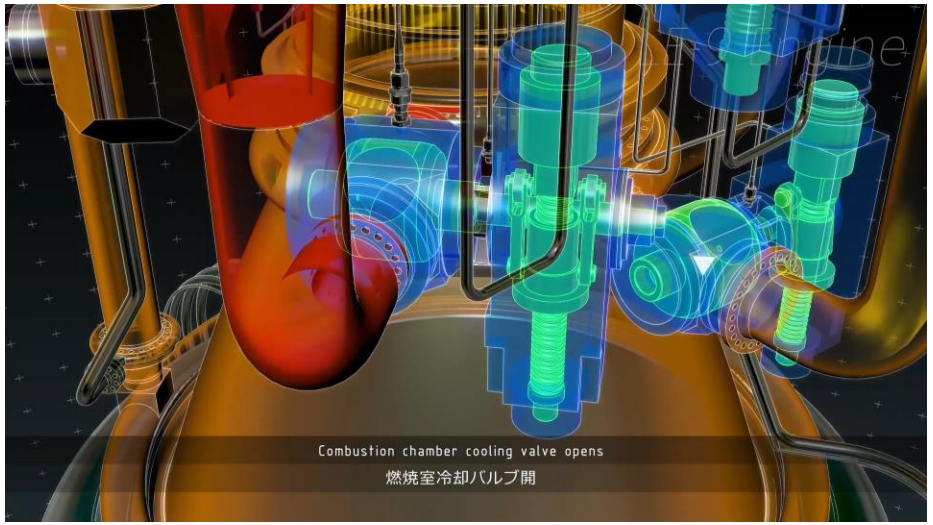
■ターボポンプ

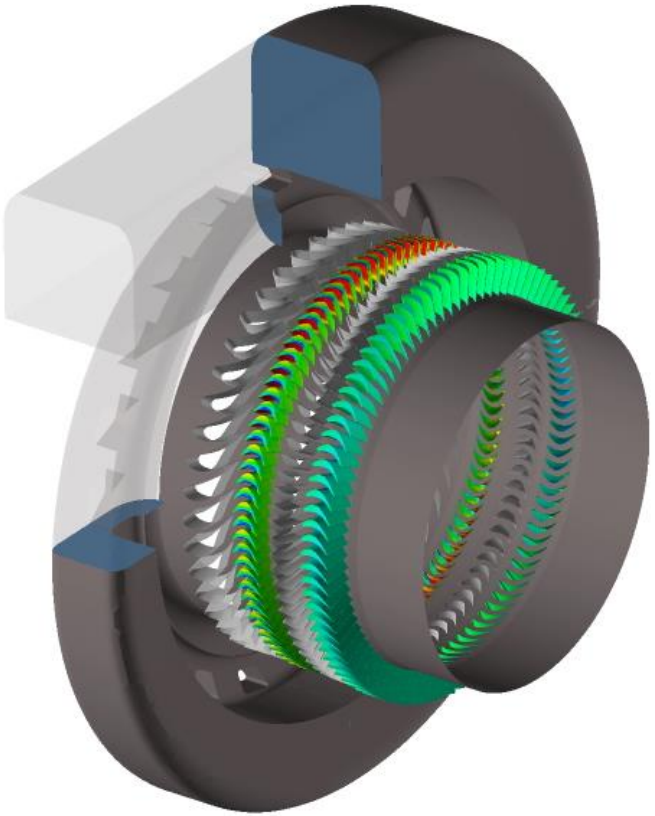
■タービンの共振

- 1秒間に700回転
- 高速での振動の繰り返し

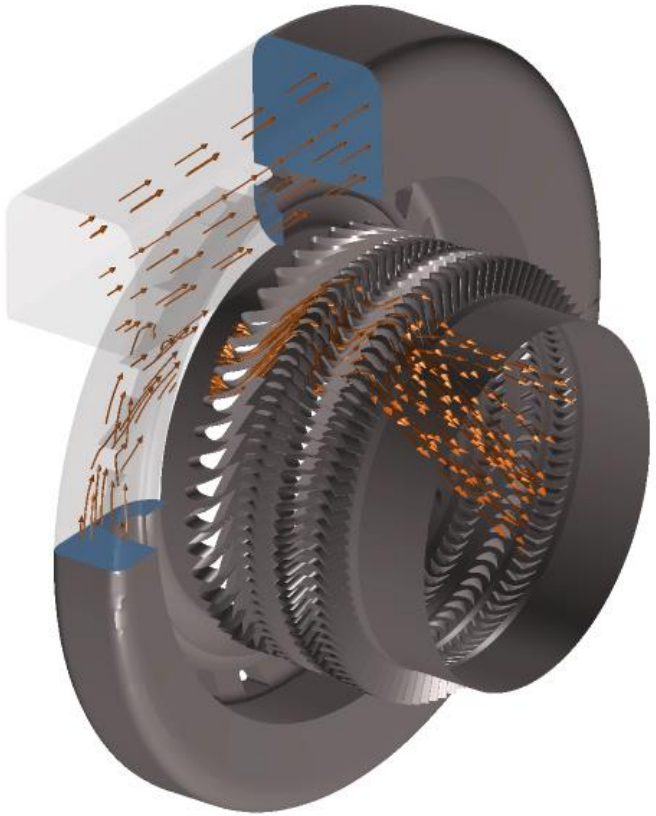
エンジンの心臓：ターボポンプ







タービンの回転

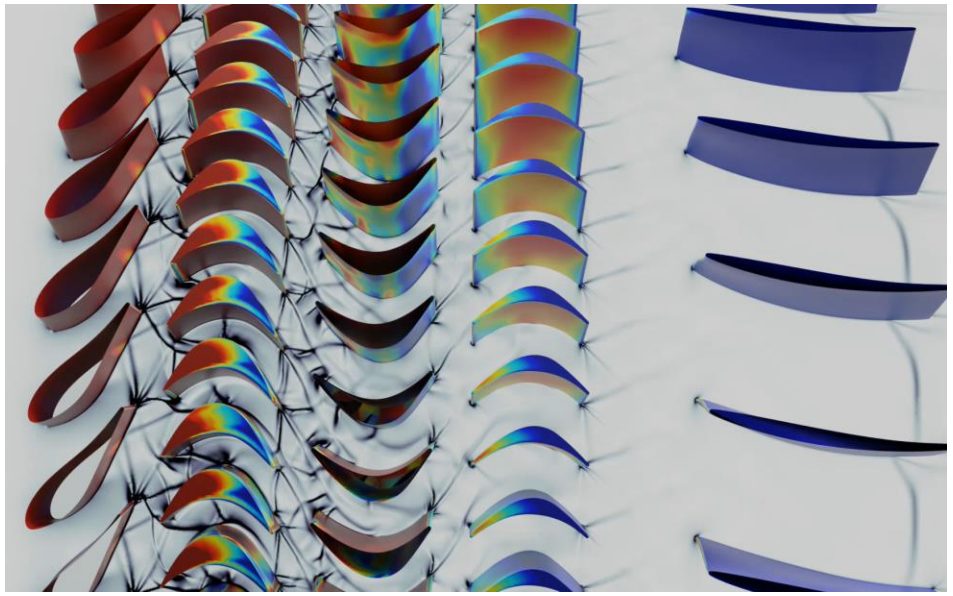


タービン内の流れ

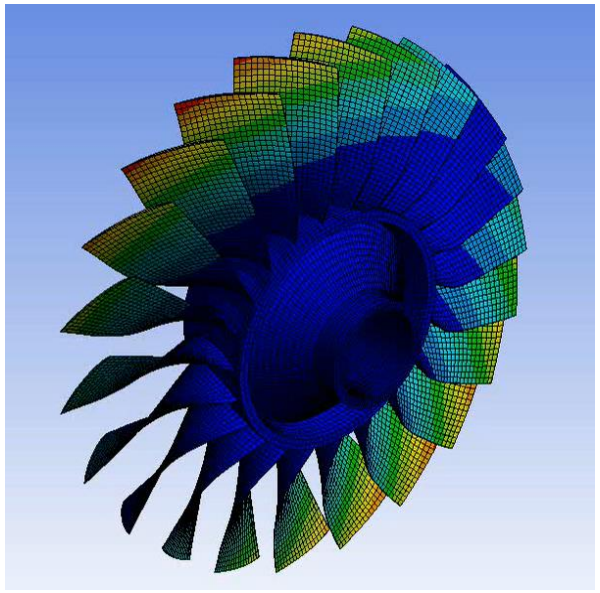
(C) JAXA 3U(JEDI)

現象をわかり抜く

■ シミュレーション



超音速の流れ



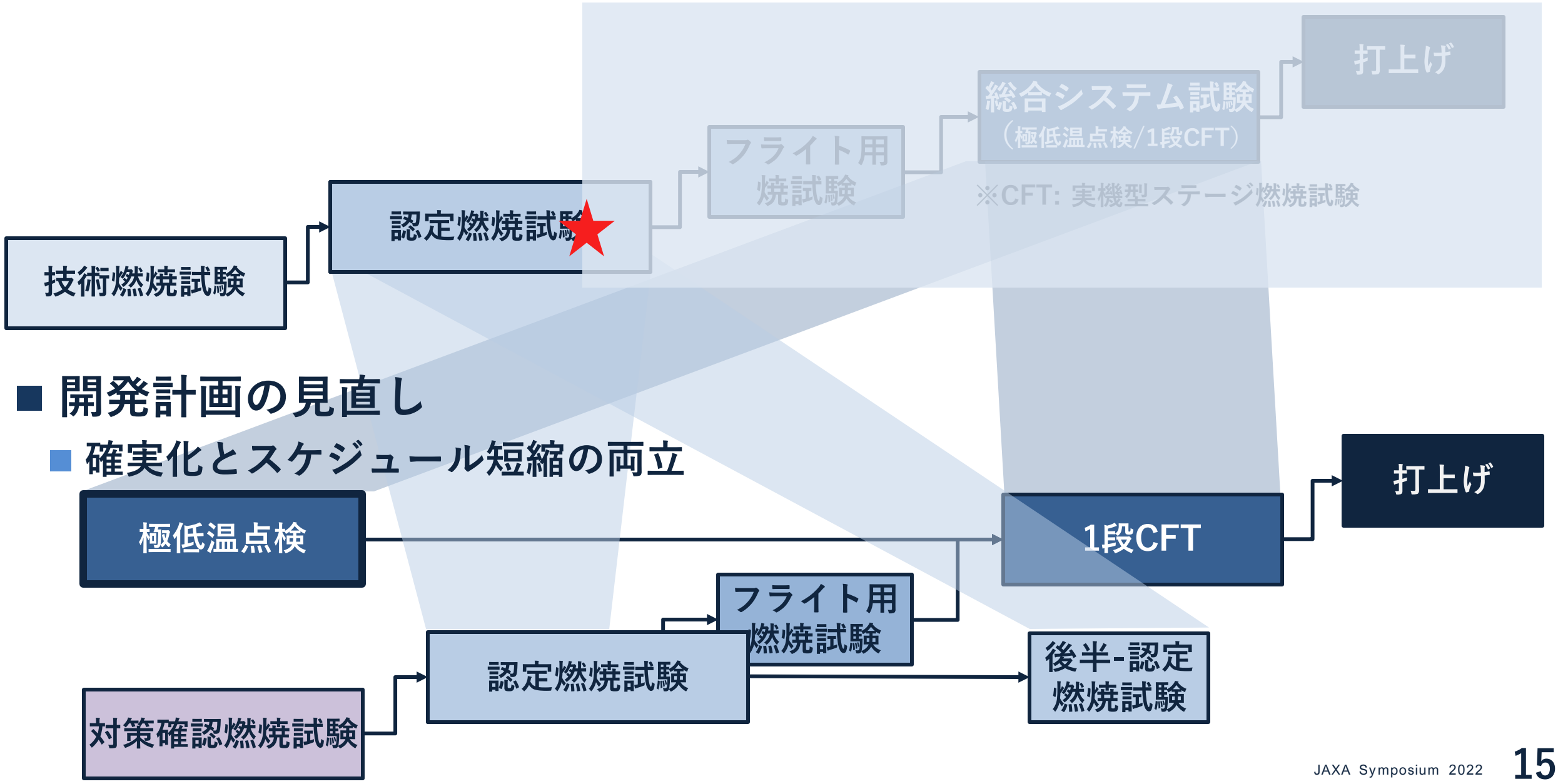
振動の再現

(C) JAXA 3U(JEDI)

■ 試験によるデータ取得

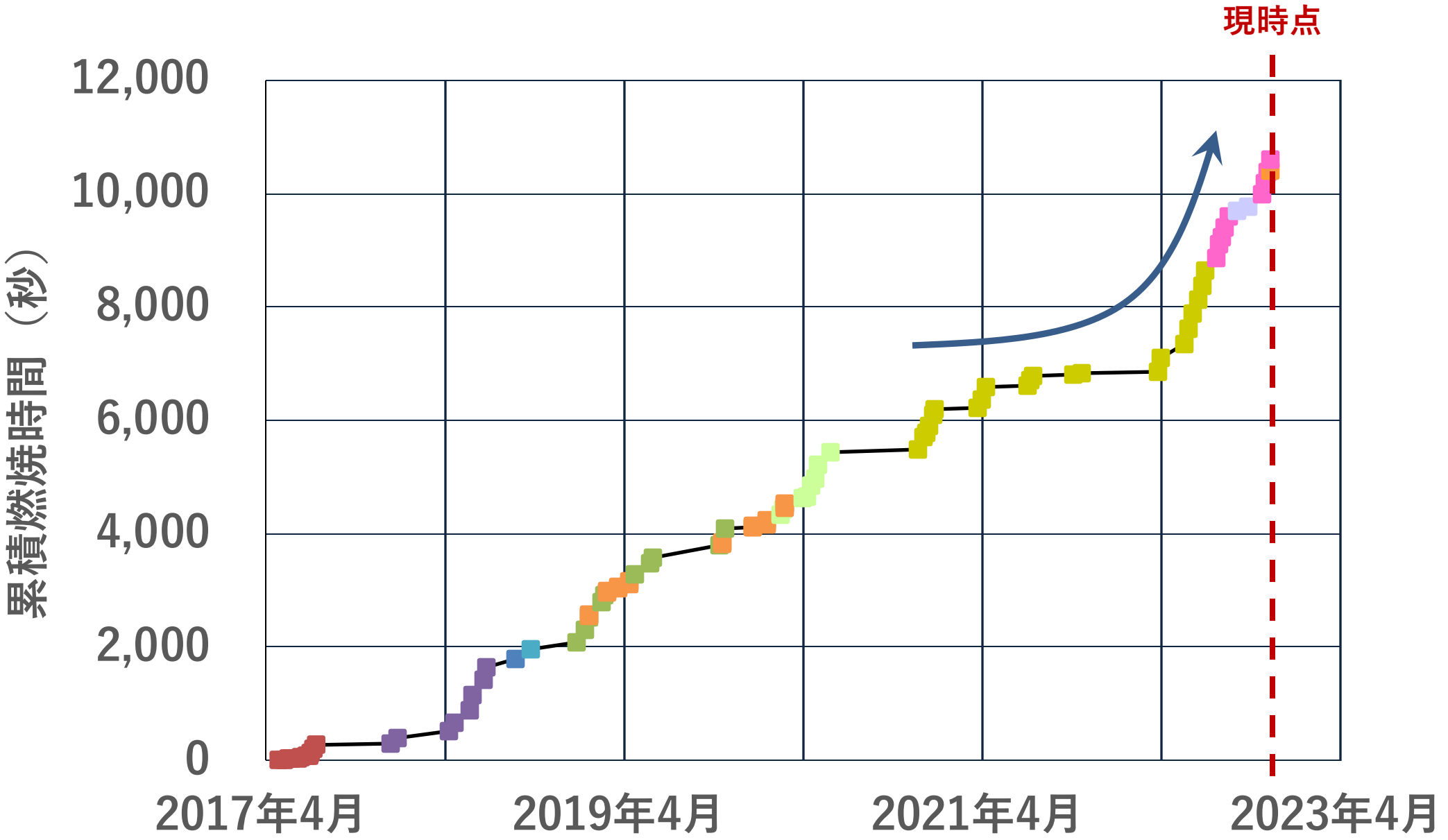
- ■ 高速回転するタービンの歪を計測

焦らずステップ・バイ・ステップ



- 開発計画の見直し
  - 確実化とスケジュール短縮の両立

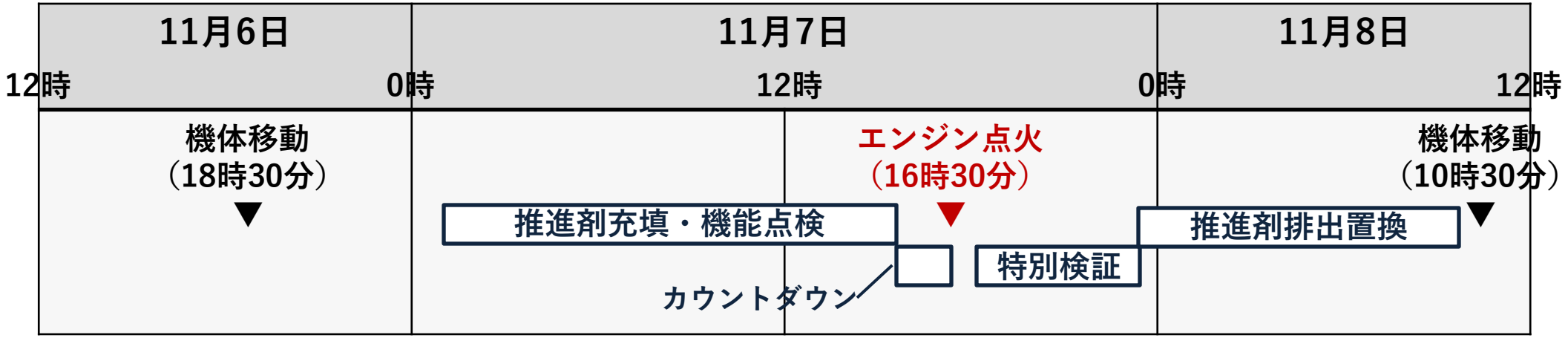
試験機1号機までの道のり



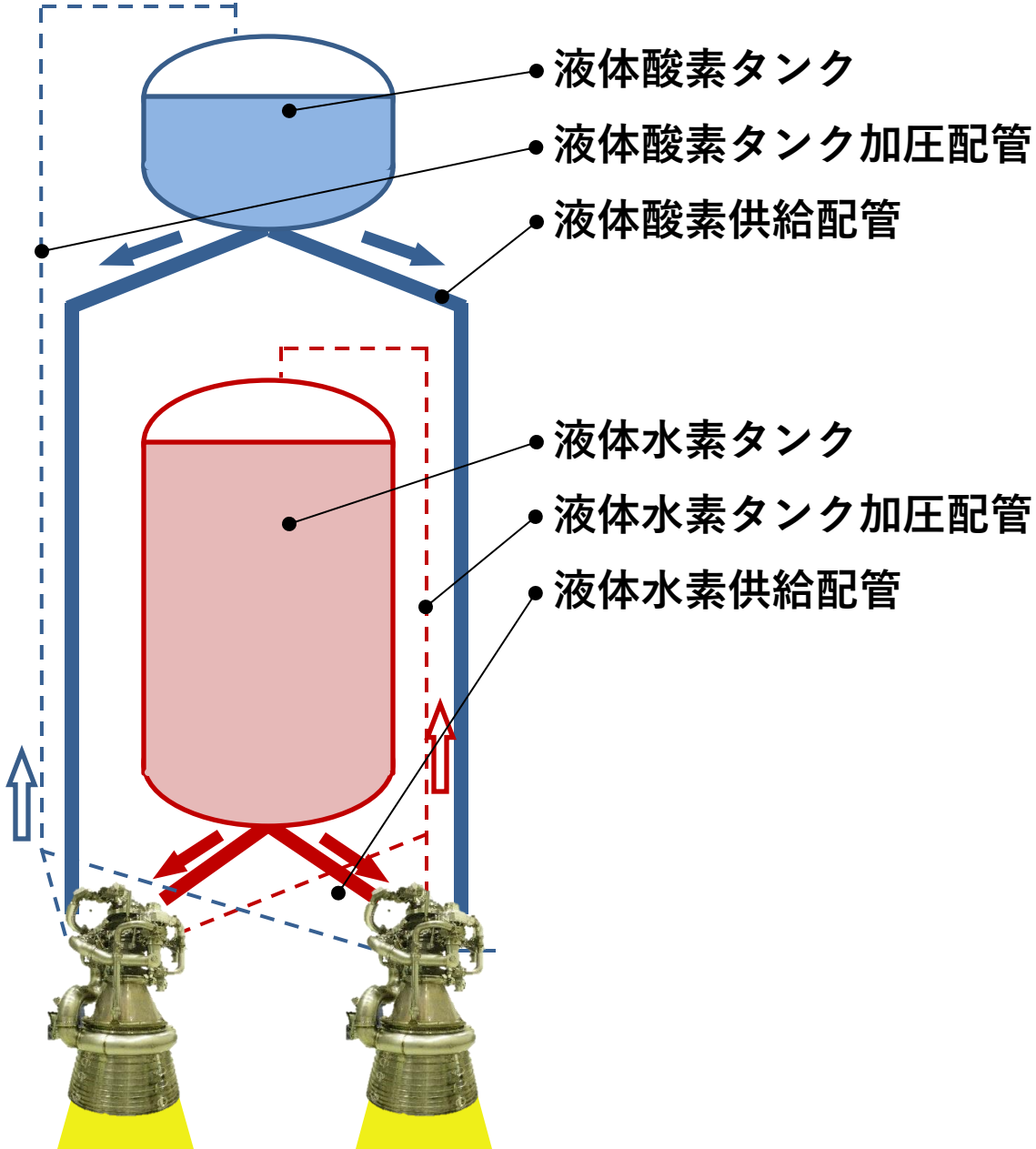
開発は最終段階へ

1段実機型タンクステージ燃焼試験（CFT）

- 2022年11月6日~8日
- 試験機1号機を発射台に据付け、LE-9エンジン2基を燃焼
  - **第1段推進系**の動作確認
  - 打上げと同じ手順でカウントダウンし、**総合システム**を検証



第1段推進系とは



飛行中の主な機能

- 加圧されたタンクからエンジンに推進薬を供給
- エンジン燃焼により推力を発生
  - ターボポンプにより高圧に推進薬を加圧し、燃焼室に供給
- 推進薬の消費によりタンク圧が下がるため、エンジンから取り出されたガスによりタンクを加圧

H3総合システム

■ 総合システム：3つのシステム（①地上施設設備・②ロケット・③安全監理）の集合体　- System of Systems-

①地上施設設備：
ロケットの組み立て、点検、打上げ

②ロケット：
衛星を軌道に輸送

③安全監理：
ロケットの打上げ時と飛行中の安全を確保

- 予定どおり25秒の燃焼試験を実施
  - 試験データを詳細に評価しつつ順次必要な対応に着手しているところ
- 試験機1号機の完成をしっかり見極め、2022年度内の打上げを目指す
- イプシロン6号機からの反映もほぼ完了

＊講演内では、動画再生を行っています。掲載資料のPDFでは動画は再生されませんので、ご了承ください。

ありがとうございました。

打上げまであと一歩、気を引き締めて臨みます