

再使用観測ロケットエンジン技術実証試験 — 高度機能及び寿命評価試験

表1：エンジン仕様

【エンジン仕様】	
エンジンサイクル	：エキスパンダーブリード
燃焼圧	：3.4MPa
膨張比	：7.2
燃焼室混合比	：6.8
FTP回転数	：8000rpm
OTP回転数	：27000rpm
燃焼室冷却	：再生冷却溝構造
噴射器	：同軸式
ターボポンプ	：2軸式
制御バルブ	：電動式
点火システム	：副燃焼室スパーク式

橋本知之、木村俊哉、佐藤正喜、高田仁志、
八木下剛、成尾芳博、小川博之、野中聡、伊藤隆（JAXA）
尾場瀬公人（MHI）、大村啓聡（JAST）

○再使用観測ロケット用エンジンの設計

再使用観測ロケットは、垂直離着陸で、高度約100kmに到達し、最短24時間のターンアラウンドで、100回の再使用を目標とした観測ロケットである。従来の使い捨てロケットと違い、この再使用観測ロケットのエンジンには様々な機能が要求されている（図1参照）。

再使用観測ロケット用エンジンの設計に際しては、まずこれらの機能を全て満足させることのできる解を求めたうえで、それぞれの機能をバランスよく、諸性能を最大化できるように最適設計を行った。

○エンジン技術実証試験

これらの機能が設計通り実現できることを実証するために、JAXA角田宇宙センターに新たに整備したエンジン試験設備においてエンジンシステム燃焼試験を実施した。技術実証試験は、4期に分けて実施し、設計時に盛り込んだ各種機能が実現できていることを確認した。

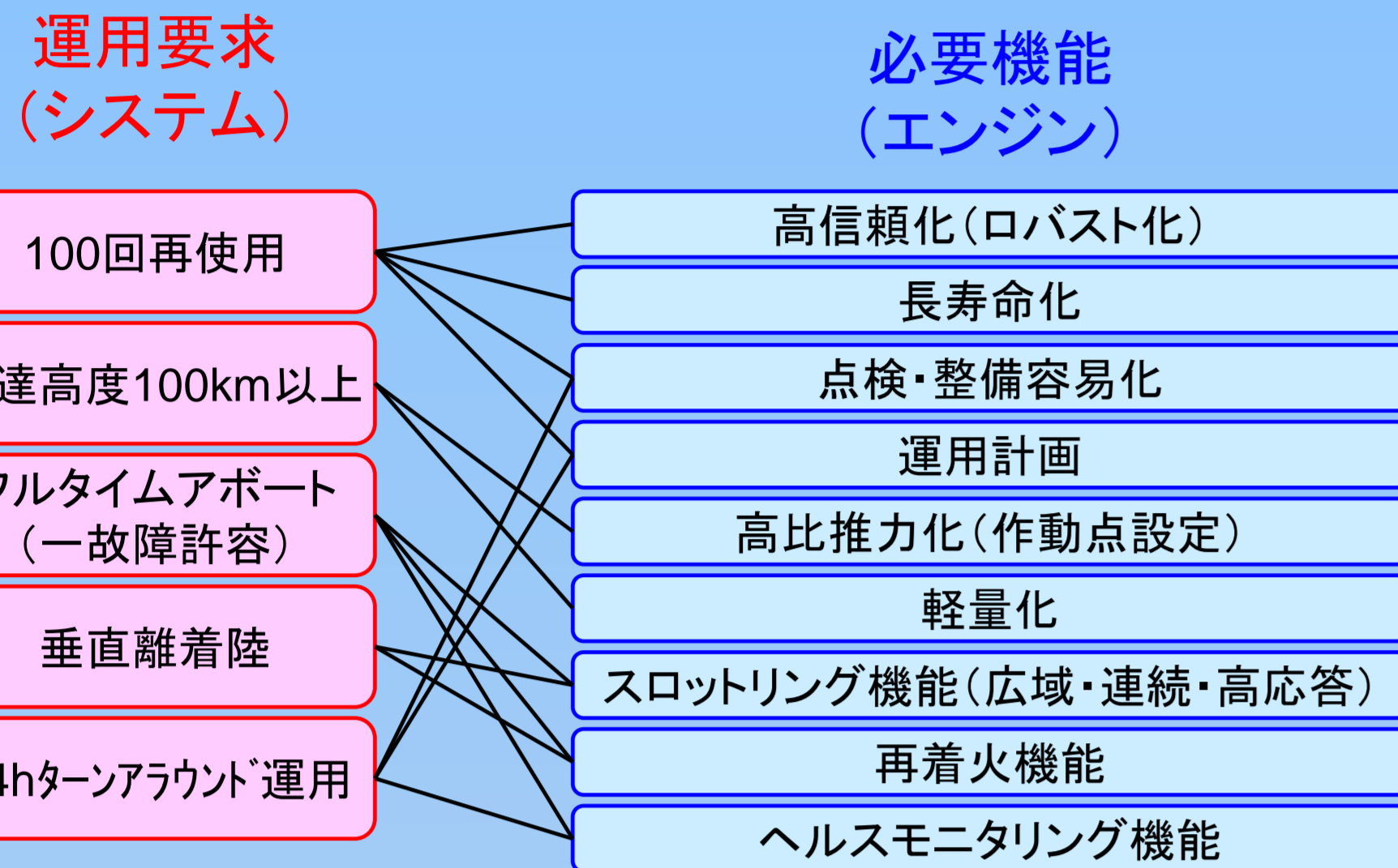
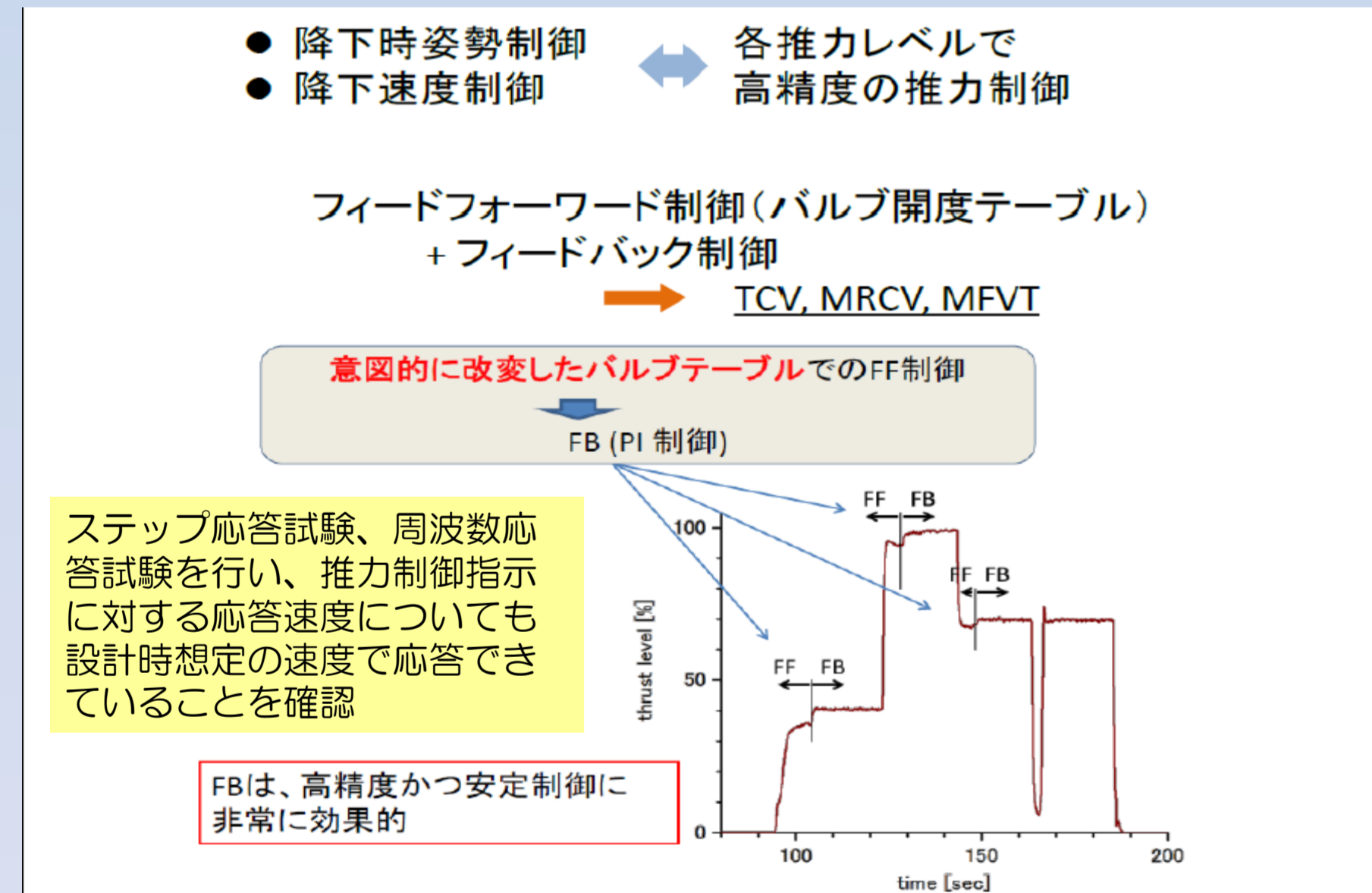


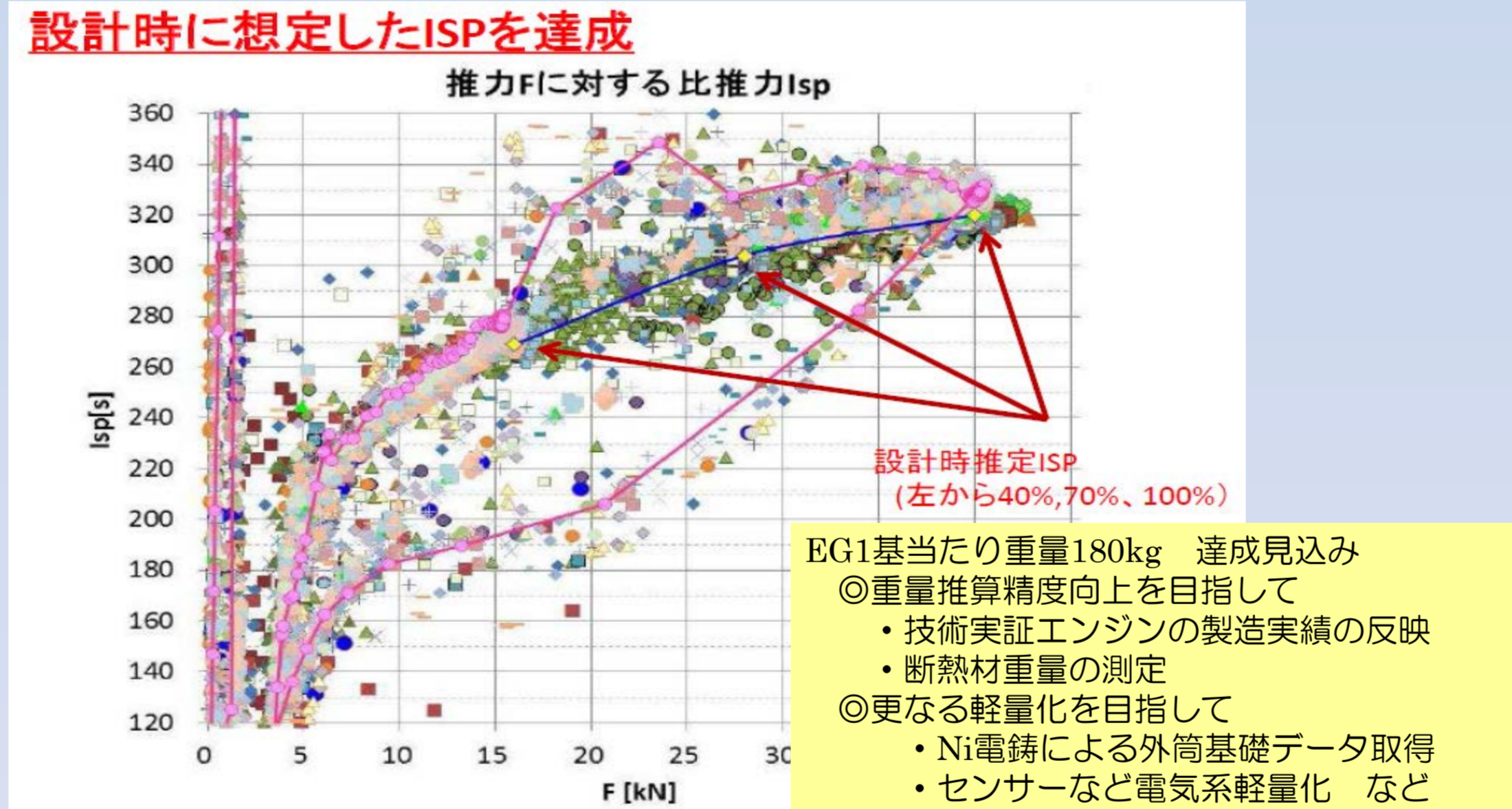
図1：システム要求とエンジン機能

試験項目	目的	試験内容（確認項目）	試験回数/時間	試験結果
I ターボポンプ単体試験（2013年度実施）	ターボポンプ単体性能を確認する	・ 想定作動範囲での作動状況 ・ 基本特性（揚程、効率） ・ 吸込性能 ・ 振動特性	OTP単体試験 10試験/2329s FTP単体試験 6試験/739s	・ 定格±6σでの安定作動確認 ・ 各特性の取得 ・ 必要吸込性能の確認 ・ 特異な振動無し
II 基本性能確認試験（2014年6月-8月）	システム燃焼試験にて基本性能を確認する	・ 着火、起動・停止 ・ 40%、70%、100%での定常性能 ・ 制御バルブ（TCV、MRCV、MFVT）特性	11試験/11回着火/265.4s	・ 各作動点での性能確認 ・ 各制御バルブの特性取得
III 高度機能確認試験（2014年10月-11月）	システム燃焼試験にて高度機能を確認する	・ 40%-100%での各推力レベル性能 ・ ステップ推力制御指令応答性 ・ アイドル作動 ・ ノミナルフライトシーケンス作動 ・ 各推力レベルでの周波数応答性 ・ 各フェーズでのアポート能力 ・ フィードフォワード/フィードバック制御性能 ・ ヘルスマonitoring機能	15試験/22回着火/1093.7s	・ 各推力レベルでの安定作動確認 ・ ステップ応答特性取得 ・ アイドル作動含む通常フライトシーケンス作動確認 ・ 0.5Hz、1Hz、2Hz、4Hz、8Hzの加振応答特性取得 ・ FF/FB制御による作動確認 ・ FMによる吸込不良時の自動緊急停止確認
IV 寿命確認試験（2014年12月-2015年1月）	システム燃焼試験にて100フライト相当の寿命耐久性を確認する	・ 100%推力での短秒時多数回着火試験 ・ 非破壊検査（目視、ボアスコープ、超音波探傷、X線CT検査）	前半：14試験/48回着火/968.0s 後半：18試験/66回着火/1455.7s	・ エンジン寿命100回以上確認 ・ 推力毎に混合比変化に対し広域安定作動確認 ・ 低推力（21%）安定作動確認 ・ 燃焼器非破壊検査作業性良好 ・ TP軸シールの試験間点検作業→シール性能劣化検出 ・ TP軸シールのオンスタンド点検/交換→成功

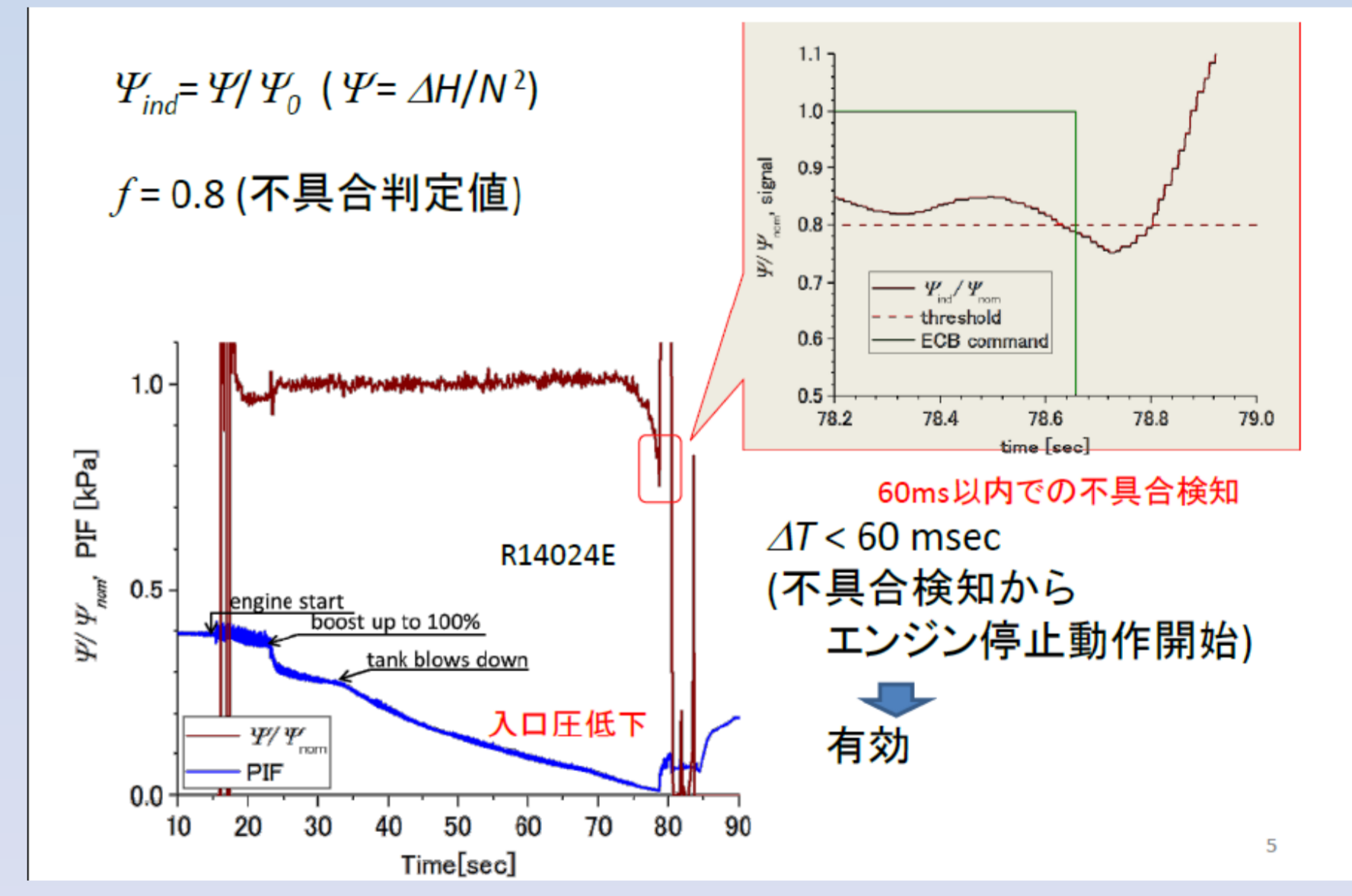
スロットリング機能（推力制御機能）



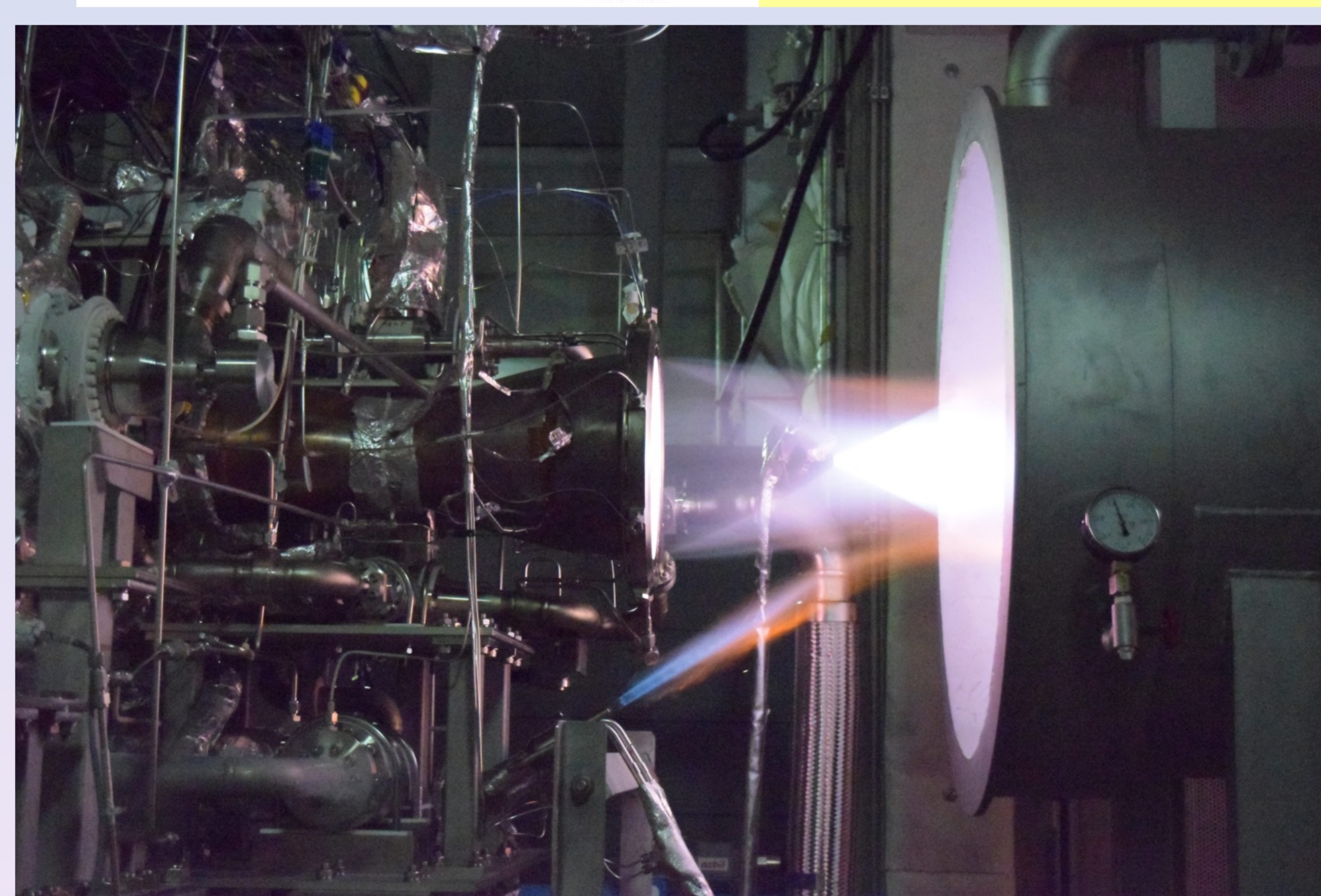
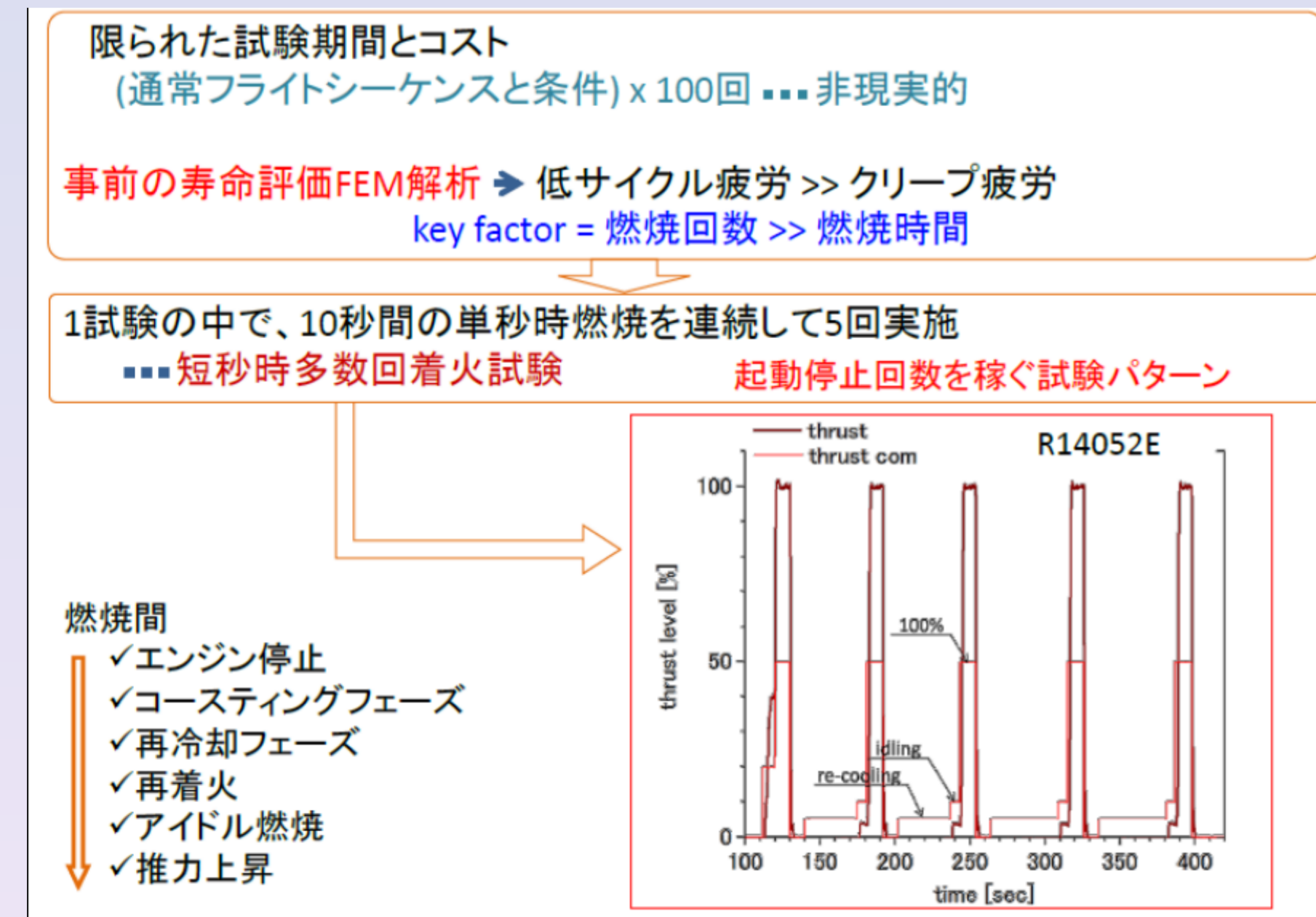
高性能/軽量化（到達高度最大化）



ヘルスマonitoring機能（故障検知）



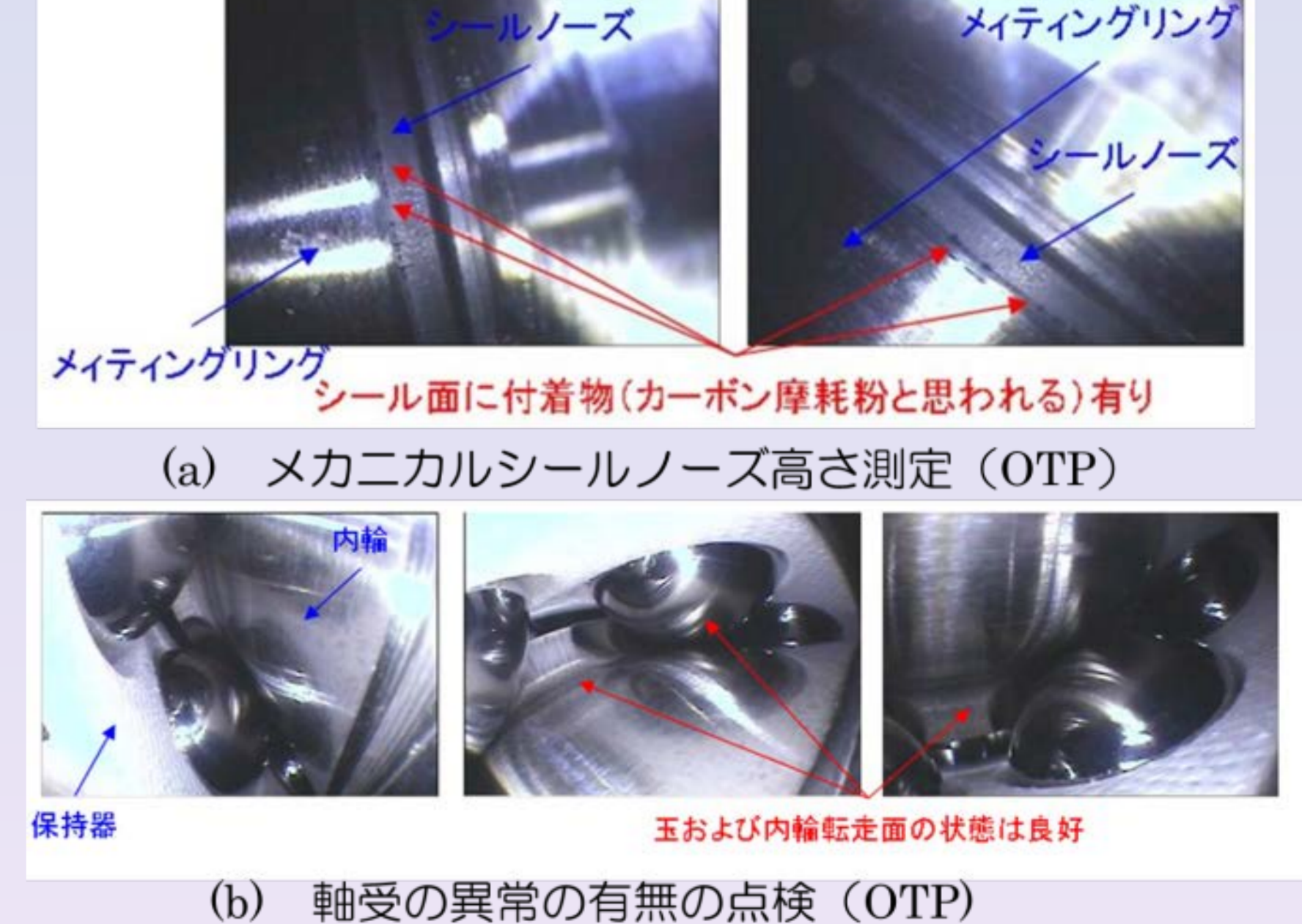
長寿命化（短秒時多数回着火試験）



試験隊メンバー

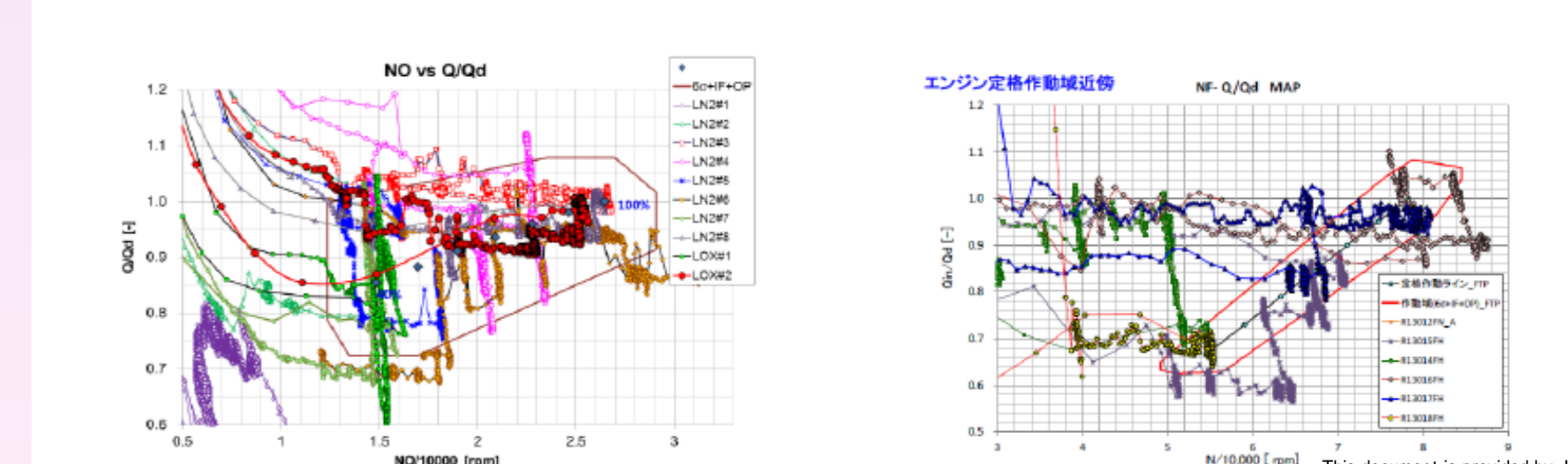


点検整備性（運用性実証）



高信頼化（ロバスト性）

- ◎6σばらつきを含む想定領域を超える範囲での安定作動確認 (OTP/FTP)
- ◎設計作動範囲(40%-100%)を超える21%-109%推力での安定作動を確認 (EG)
- ◎各推力範囲で混合比を変化させ、全域で安定した作動を確認 (噴射器/燃焼器)



長寿命化（損傷度推定）

FEM解析で損傷度評価

試験回数	損傷度
54回の燃焼試験	
22回 (短秒時多数回試験)	1.00
103回燃焼	0.46
32回その他の試験	1.46
各種シーケンス	
95回 (エンジン試験)	6.71
22回 (エンジン試験)	138.31
エンジン試験	
high thrust (26 firings)	26.00
lower thrust (13 firings)	5.93
total (40 firings)	31.93
Total of engine tests	170.24
Equiv. # of nominal flight	116.93

全試験における総損傷度 = 通常の1フライトでの損傷度 × 117