

# 【事前評価補足資料】 コアエンジン技術の研究開発について

---

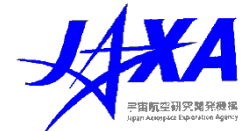
平成29年6月14日

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構  
航空技術部門

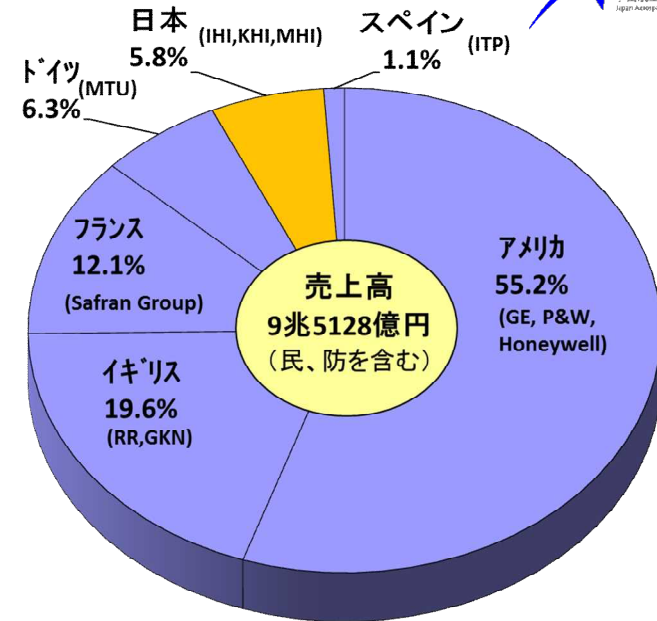


- ◆ 航空エンジン産業の動向
- ◆ JAXAにおけるコアエンジン技術の研究開発の概要
- ◆ 課題概要(リーンバーン燃焼器、高温タービン)
- ◆ エンジン技術の研究開発ロードマップ
- ◆ 研究計画(目標、スケジュール、実施体制)

# 航空エンジン産業の動向



- 国内エンジンメーカー(IHI、KHI、MHI)の合計シェアは5.8%
- 海外OEM(オリジナルエンジンメーカー)のリスク・シェアリング・パートナー(RSP)、サブコン等として、国際的にも一定の役割/存在感を示している現状。
- JAXAを中核に進めたFJRエンジンプロジェクト(1970~80年代)が、国内エンジンメーカーのV2500エンジン国際共同開発への参画に繋がり、海外OEMエンジン開発において低圧部(ファン、低圧圧縮機・タービン等)分担の獲得へと繋がっている。
- 他方、エンジンの心臓部であるコアエンジン(高圧部(燃焼器、高圧タービン等))には、開発・設計レベルでの分担に至っておらず高圧部を開発段階から分担することが、我が国航空エンジン産業の大きな飛躍に繋がる。



世界の主要エンジン・メーカーの航空エンジン売上高・シェア (2015年)  
( (一財) 日本航空機エンジン協会資料より引用 )

エンジン	V2500	CF34	GE9x	Trent1000	PW1100G-JM
イメージ	 ※1	 ※1	 ※1	 ※1	 ※2
国内企業担当部位の変遷	主にファンを担当	ファンに加え、低圧タービンモジュールを初担当	低圧タービンに加え、燃焼器パーツを初担当	低圧タービンに加え、燃焼器モジュール、圧縮機モジュールを初担当	ファン、燃焼器を担当
シェア	23%	30%	15%	15.5%	23%

※1 日本航空機エンジン協会事業概要パンフレット2005年版より引用、 ※2 IHI技報 Vol. 53, No. 4 (2013) より引用

# JAXAにおけるコアエンジン技術の研究開発の概要(1)



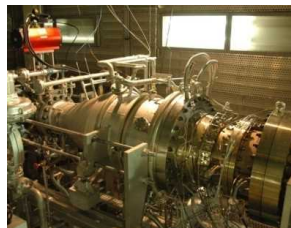
2030年代に就航が予想される次世代航空機用エンジンの鍵技術として、燃費と環境負荷性能を大幅に改善するコアエンジン技術(燃焼器、タービン等)の研究開発を進める。実用化のため、産業界と緊密に連携し、今後整備される技術実証用国産エンジン(F7エンジン)によるシステムレベルの技術実証を見据えて研究開発を進め、大規模試験設備において、その性能を実証する。

## リーンバーン燃焼器

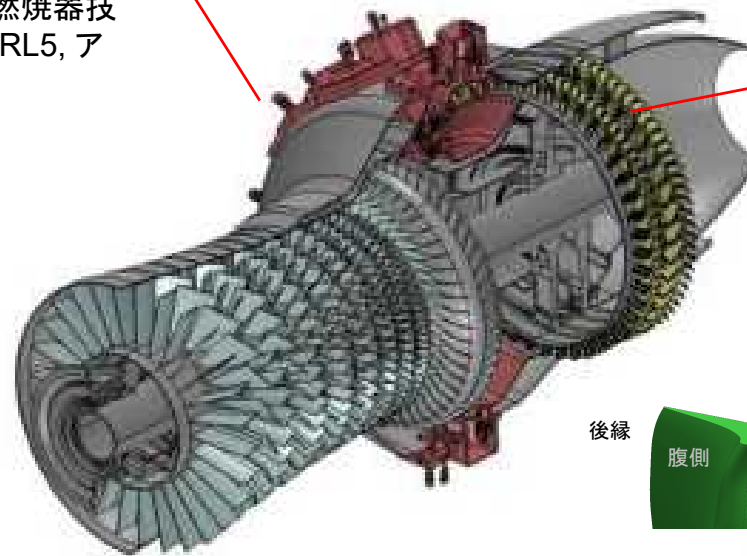
F7エンジンでの技術実証(H35以降)を見据えて、世界最高レベルの低NO<sub>x</sub>リーンバーン燃焼器技術をエンジン搭載直前の技術成熟度(TRL5, アニュラ燃焼器)で実証。



リーンバーン燃焼器

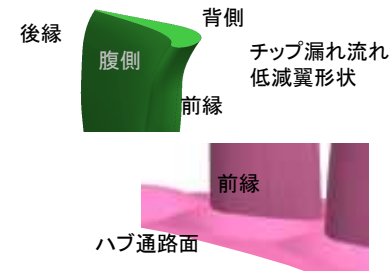


環状燃焼試験設備



## 高温高効率タービン

コアエンジン効率向上に必須の高負荷低損失高温タービンを回転タービン試験設備で実証(TRL4)。

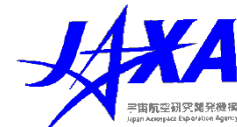


2次流れ低減翼設計



回転タービン試験設備(整備中)

# JAXAにおけるコアエンジン技術の研究開発の概要(2)



## ■ 優位技術の実用性を向上させる取り組み

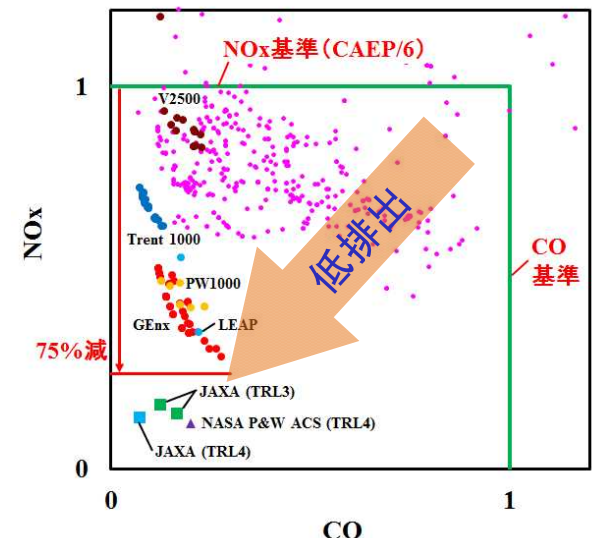
- グリーンエンジン技術の研究開発(2013-2017)において、コアエンジンの基礎技術開発に取り組んできた。低NOx燃焼器と超高温タービンについて世界トップレベル性能の技術の開発を進めている。

具体的には、

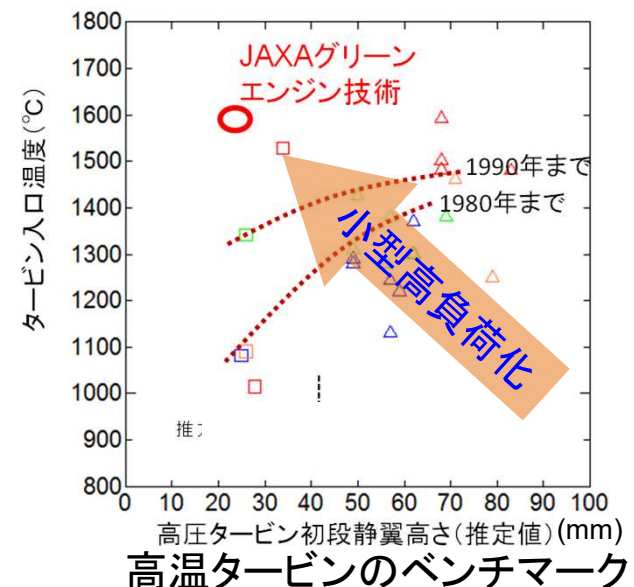
[1] 希薄予混合二段燃焼器(リーンバーン燃焼器)を開発し  
国際基準であるICAO CAEP/6基準値から75%以上減(世界  
トップレベル)を達成した。(右上図)

[2] 燃費性能を向上させるために  
タービン入口温度の向上が必要。推力10ton 未満のエンジ  
ンとして世界最高の超高温タービン技術(1600°C)の研究を推  
進中である。(右下図)

- これらのコアエンジン技術について、実用化を目指す民間企業をパートナーとして、実用性の高い技術開発を進める。
- 今後数年で、技術実証用国産エンジン(F7エンジン)が導入される予定であり、従来からの要素技術実証に加えて、エンジンシステムとしての技術実証(TRL6)が可能となる。
- 2030年代に就航が予想される次世代航空機用エンジン開発に向けて、産業界の取り組みと密接に歩調を合わせ、国際競争力の高いコアエンジン技術を実証し、実用化・事業化に結び付ける。



低NOx燃焼器のベンチマーク



高温タービンのベンチマーク



# 技術成熟度 (TRL) を高める技術開発 (燃焼器開発の例)



実験室規模の基礎試験 (TRL2) から、システム度の向上と、大規模試験設備での実エンジン環境での試験実証を通して、エンジンシステム実証 (TRL6) まで、技術の実用性を高める。

技術成熟度  
TRL (Technology Readiness Level)



# 課題概要1 リーンバーン燃焼器

## ■ JAXAが保有する優位技術

- 予混合二段低NO<sub>x</sub>燃焼技術というリーンバーン燃焼器技術により、ICAO CAEP/6比でNO<sub>x</sub>75%減以下(世界トップレベル)を達成。
- 高温高圧燃焼試験設備(TRL3-4)、環状燃焼器試験設備(TRL5)など、エンジン搭載直前までのTRLをカバーする大規模試験設備の運用。F7エンジン導入により、システムレベル(TRL6)までの実証環境が整う。
- 高温高圧燃焼器の光学可視化計測、数値解析、燃焼振動抑制技術等、燃焼器設計や技術課題解決のために必須の基盤技術を保有。

## ■ 本研究開発での主要課題

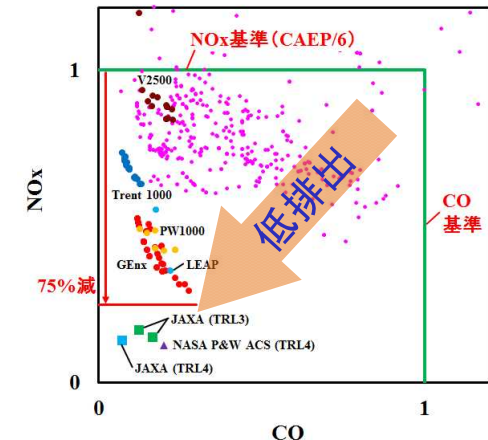
- リーンバーン燃焼器の実用化に必要な技術課題の解決(燃料噴射弁設計、燃焼振動抑制、自着火・逆火防止、サーマルマネジメント等)
- F7エンジン実証に向けた燃料制御技術実証(急加減速時燃料制御等)
- 耐熱複合材(CMC)の燃焼器ライナーへの適用技術(ライナー冷却空気の削減、解析による材料特性向上、燃焼器試験での実証等)

## ■ 本研究課題終了後の計画

- リーンバーン燃焼器のF7を使用したエンジン実証(TRL6)。



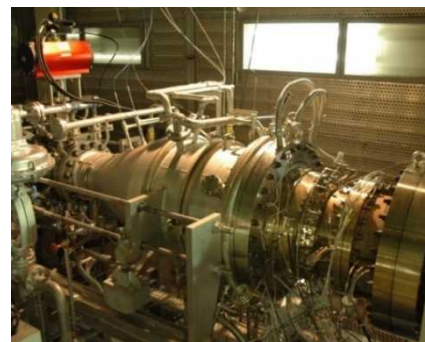
JAXAリーンバーン燃焼器  
マルチセクタ形態(TRL4)



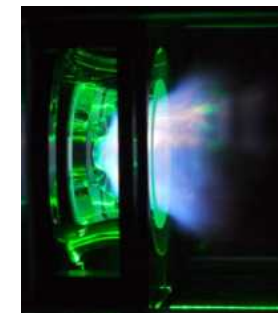
低NO<sub>x</sub>燃焼器のベンチマーク



高温高圧燃焼試験設備(TRL3-4)

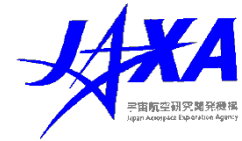


環状燃焼器試験設備(TRL5)



燃料噴射弁高性能化のための  
高温高圧燃焼器内部可視化試験 7

## 課題概要2 高温高効率タービン



### ■ JAXAが保有する優位技術

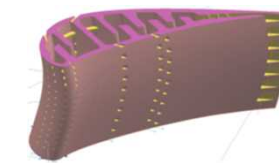
- タービン翼冷却構造の特許技術(メーカ共同)等で小型エンジン用タービン翼で大型エンジン並の1600°Cレベルでの耐熱性を確保する技術開発を実施(グリーンエンジン技術の研究開発で実施中)
- 流体・熱伝導連成数値解析による詳細な翼温度分布予測技術を保有
- 実機と相似環境を実現する回転タービン試験設備(整備中)
- 耐熱材料の耐久性評価技術

### ■ 本研究開発での主要課題

- エンジンの高圧力比化に伴うタービン出力増大と効率向上を両立させるための高負荷タービン空力設計技術の開発と性能実証
- 翼間の高速ガス流と冷却空気の混合による損失を低減する冷却空気流量削減技術と冷却空気混合損失低減技術の開発と性能実証
- 耐熱複合材(CMC)のタービン適用技術開発

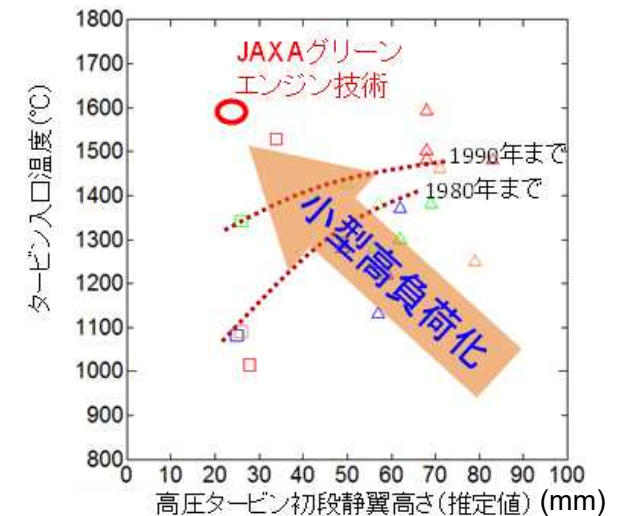
### ■ 本研究課題終了後の計画

- 実温度環境で開発技術を適用したタービン性能実証(TRL5)を開始し、エンジン実証(TRL6)に結び付ける。



マルチスロット冷却構造

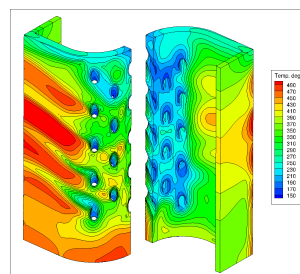
タービン冷却構造特許の例



グリーンエンジン技術開発で達成見込みのタービン耐熱温度



回転タービン試験設備  
(整備中)



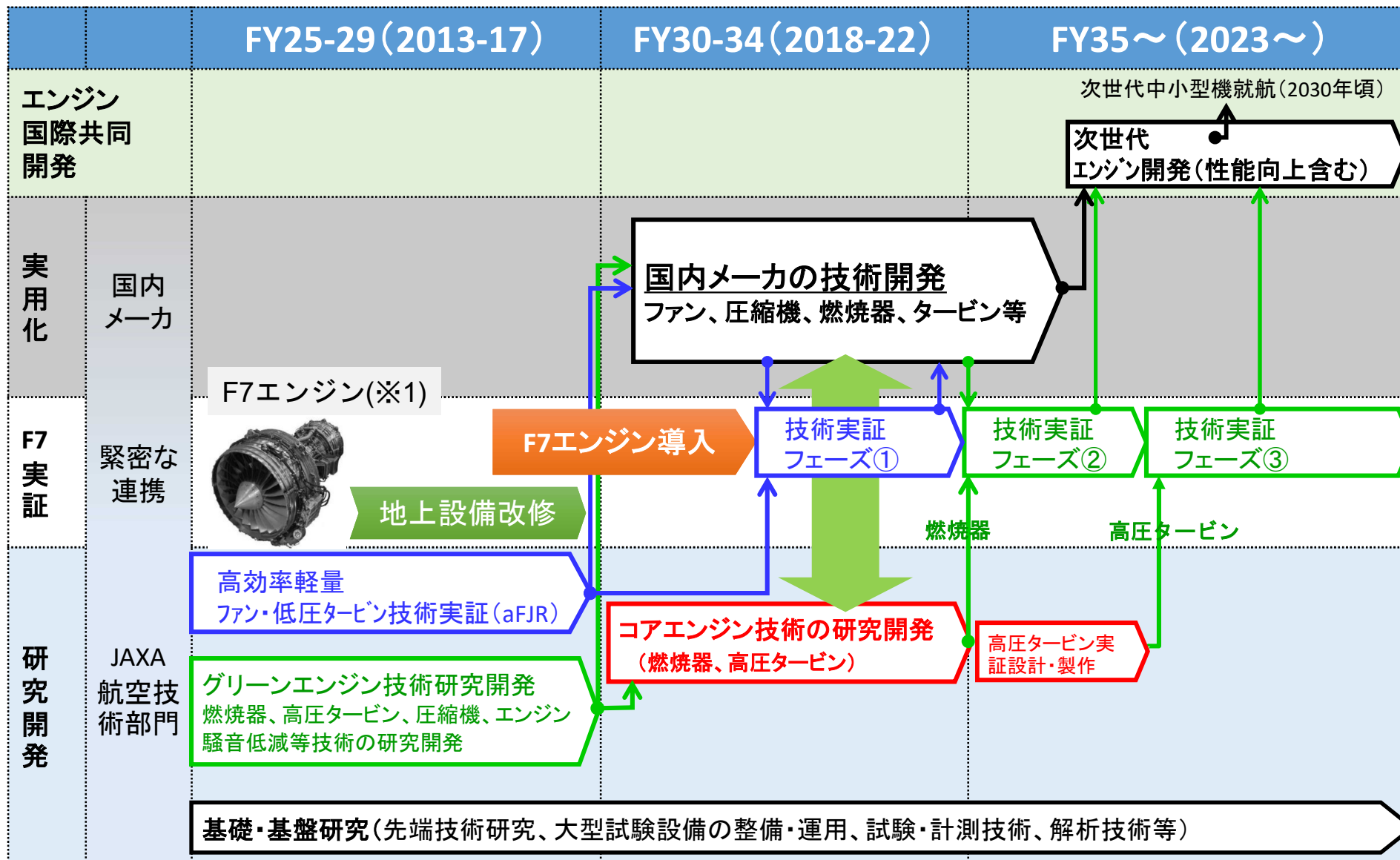
流体・熱伝導連成数値解析による冷却構造温度予測



# エンジン技術の研究開発ロードマップ

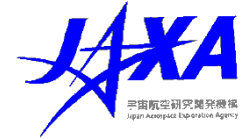


- JAXAと産業界の技術開発戦略を整合し、大規模試験設備群（F7エンジン含む）による高い技術成熟度での技術実証を通して、エンジン技術の国際競争力を強化する。



※1 出典：防衛装備庁プレスリリース（H28.12.14）より。

# 研究計画スケジュール、実施体制



## 【技術目標(平成34年度まで)】

### ➤ リーンバーン燃焼器技術

排出ガス低減の鍵技術であり、JAXAが有している世界最高レベルの低NOxの希薄予混合燃焼(リーンバーン燃焼)技術をアニュラ燃焼器で実証(TRL5)。

### ➤ 高温高効率タービン技術

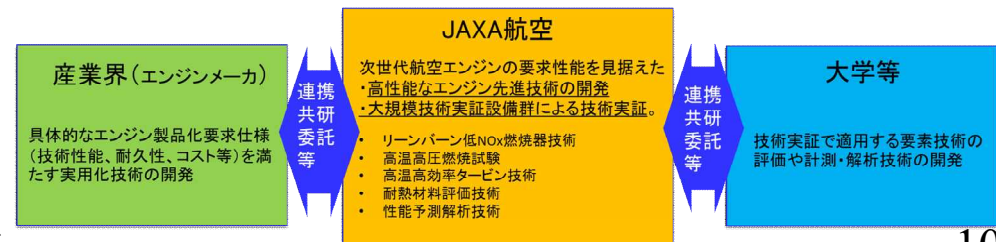
コアエンジン効率向上の鍵技術であり、JAXAが有している超高温タービン技術(小型エンジンとして世界最高レベル)による冷却空気削減技術を活用して、高負荷低損失タービンを回転タービン試験装置で実証(TRL4)。

## 【スケジュール】



## 【実施体制】

JAXA航空技術部門の研究リソースを本研究開発に重点化して取り組む。JAXAは先導的なエンジン技術の開発や大規模技術実証設備による技術実証試験を担い、国内エンジンメーカーはエンジン製品化要求仕様を見据えた実用化技術開発を主に担う。大学や研究機関も含めた協力体制により、効果的な体制で研究開発を推進する。



## 【参考】F7エンジンの導入について

- エンジン開発においては、技術が成熟するほど、単なる部品としてではなく、エンジン内部のモジュールを頻繁に入れ替え、エンジンの各要素技術をエンジン全体のシステムとして実際にエンジンを運転し、実証試験を行う必要があるが、我が国には存在していない。
- 海外エンジンを用いた実証試験では技術ノウハウが示されず、システム実証が困難であるため、国産エンジンを備えた実証設備をJAXAに整備する。
- このため、我が国唯一で最新の国産エンジンである防衛省開発(IHI製造)のF7エンジンをJAXAに導入する。平成28年12月に防衛装備庁とIHIの間で民間転用契約が締結され、平成29年3月にJAXAとIHIとの間で販売契約を締結した。(実証設備については、最短で平成31年度までに納入予定)

### F7エンジン



- 哨戒機P-1搭載の高バイパス比エンジン
- エンジン入口径 約1.4m 長さ 約2.7m
- 推力 約6t

※出典：防衛装備庁プレスリリース（H28.12.14）より。