

航空科学技術に関する研究開発課題の事前 評価結果

平成 29 年 8 月

航空科学技術委員会

航空科学技術委員会委員

	氏名	所属・職名
主査	李家 賢一	東京大学大学院工学系研究科教授
主査代理	高辻 成次	一般社団法人日本航空宇宙工業会常務理事
	佐藤 哲也	早稲田大学理工学術院基幹理工学部教授
	武市 昇	首都大学東京システムデザイン学部准教授
	竹内 健蔵	東京女子大学現代教養学部教授
	富井 哲雄	株式会社日刊工業新聞社編集局科学技術部記者
	難波 章子	株式会社タンゴ・エア・サポート代表取締役
	松島 紀佐	富山大学大学院理工学研究部教授
	山内 純子	株式会社ミクニ社外監査役
	和田 雅子	一般社団法人日本女性航空協会理事

「コアエンジン技術の研究開発」の概要(案)

1. 課題実施期間

平成30年度～平成34年度
(中間評価 平成32年度、事後評価 平成35年度を予定)

2. 研究開発の概要・目的

2030年代(平成42年以降)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、環境適合性と経済性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JAXAにおいて進める。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、その性能を要素実証する等、コアエンジン技術の確立を目指す。

3. 研究開発の必要性等

2030年代(平成42年以降)に就航が予想される次世代航空機用エンジンについては平成37年以降に量産化に向けた国際共同開発の開始が見込まれている。国際民間航空機関(ICAO)で窒素酸化物(NO_x)排出基準の厳格化が進み二酸化炭素(CO₂)排出削減に係る燃料効率改善目標が決定され、次世代エンジンでは従来より格段の排出ガスの削減と燃費向上が求められる。

現在、JAXAでは、希薄予混合燃焼技術(リーンバーン燃焼技術)を開発し、ICAO基準の75%減(世界最高レベル)をTRL4の技術成熟度で達成している。また、1600°Cの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)の研究開発をTRL3の技術達成度で進めている。

従来の研究成果、及び、エンジンメカや大学等との協力体制を活用促進し、効果的に連携してこれを進める。具体的には、JAXAは次世代航空エンジンの要求性能を見据えた先導的なコアエンジン技術の開発や大規模試験設備による技術実証を行い、その際エンジンメカはエンジン製品化要求仕様を見据えた実用化技術の開発を、大学等は技術実証で適用する要素技術の評価や計測・解析技術の開発をそれぞれ主に担う。

平成37年以降に開始が見込まれる国際共同開発において、未だ我が国が獲得できていない高圧系コンポーネントの開発シェア獲得を実現するためには、高い国際競争力を持ったコアエンジン技術の確立が必要がある。

【コアエンジン技術の主要課題と目標】

低NO_x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NO_x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)。

4. 研究開発のロードマップ



5. 予算の総額

調整中

事前評価票

(平成29年8月現在)

1. 課題名 コアエンジン技術の研究開発

2. 開発・事業期間 平成30年度～平成34年度

3. 課題概要

(1) 研究開発計画との関係

施策目標：国家戦略上重要な基幹技術の推進

大目標（概要）：航空科学技術は、産業競争力の強化、経済・社会的課題への対応に加えて、我が国の存立基盤を確固たるものとするものであり、更なる大きな価値を生み出す国家戦略上重要な科学技術として位置付けられるため、長期的視野に立って継続して強化していく。

中目標（概要）：航空科学技術について、我が国産業の振興、国際競争力強化に資するため、社会からの要請に応える研究開発、次世代を切り開く先進技術の研究開発及び航空産業の持続的発展につながる基盤技術の研究開発を推進する。

重点的に推進すべき研究開発の取組（概要）：社会からの要請に応える環境適合性・経済性向上技術の研究開発として、エンジンについては、国際競争力強化のため、ファン及び低圧タービンの軽量化、高効率化を進めるとともに、JAXA に実証用エンジンとして F7 エンジンを整備し、国内メーカーが次の国際共同研究開発においても設計分担を狙えるレベルまで技術成熟度を高める。また、次世代エンジンの鍵となるコアエンジン技術として、低騒音化技術、低排出燃焼器技術、耐熱材料技術等、将来産業界が分担率の拡大を狙える技術について実用性の高い技術開発を行う。

本課題が関係するアウトプット指標：

①航空科学技術の研究開発の達成状況（JAXA が実施している共同／委託／受託研究数の観点も含む）

JAXA においては、グリーンエンジン技術の研究開発において、コアエンジン技術の要素技術開発（燃焼器、タービン等）を計画通り着実に実施。

（共同研究数）

平成26年度：2件、平成27年度：3件、平成28年度：4件

本課題が関係するアウトカム指標：

①航空科学技術の研究開発における連携数（JAXA と企業等との共同／受託研究数）

（共同研究数）

平成26年度：2件、平成27年度：2件、平成28年度：3件

(2) 概要

2030 年代（平成 42 年以降）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、環境適合性と経済性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 JAXA において進めるとともに、当該技術実用化のため、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、その性能を要素実証する等、コアエンジン技術の確立を目指す。

4. 各観点からの評価

（1）必要性

評価項目：

- ・ 社会的・経済的意義
- ・ 科学的・技術的意義
- ・ 国費を用いた研究開発としての意義

評価基準：

社会からの要請に応える研究開発として、我が国産業の振興・国際競争力の強化に資するか

世界の航空機産業は約 25 兆円規模であり、今後約 20 年で約 2 倍に成長することが予測されている。一方、我が国の航空機産業は、世界シェア約 4%にとどまり、自動車産業（世界シェア 23%）等と比較するとまだ規模が小さい状況にある。我が国においては、近年は民需が急激に伸び、航空機産業の市場規模は平成 23 年度までは 1 兆円前後で推移していたが、平成 27 年度は約 1.8 兆円にまで成長している。このような状況において、我が国の航空機産業が世界市場の伸びを大幅に上回る「超成長産業」を目指すため取り組む必要がある。

特に、2030 年代（平成 42 年以降）に就航が予想される次世代航空機用エンジンについては、平成 37 年以降量産化に向けた国際共同開発の開始が見込まれており、現在は国内メーカーが獲得できていない高圧系コンポーネントの設計・開発段階からの分担獲得のためには、コアエンジン技術の早期獲得が必要となる。また、国際民間航空機関（ICAO）で窒素酸化物（NOx）の排出基準の厳格化が進み（※）、次世代エンジンは現行よりも厳しい環境基準を満たすことが必要となる。ICAO は二酸化炭素（CO2）排出削減に係る燃料効率改善目標を決定しており、次世代エンジンでは更なる燃費向上も必要である。以上を踏まえると、次世代航空機用エンジンの鍵技術として、環境適合性と経済性を大幅に改善する高圧系のコアエンジン技術（燃焼器、タービン）の研究開発は、科学的・技術的意義のみならず、社会的・経済的意義が高いものである。

一方で、航空機産業は、多額の開発費を要することに加え、開発期間及び商品サイクルが長く、民間だけでは参入が困難な産業分野である。航空機開発において成功を収めている諸外国（米国、仏、独など）では、航空機開発を重要戦略分野と見なし、公的機関と民間企業とが共同して技術開発を進めている。このような状況を踏まえ、JAXA においても、我が国の航空機技術の研究開発を牽引する公的機関として、先進的技術の研究開発を重点

的に実施し、我が国の航空機産業の基盤技術の底上げを進めていくことが必要である。

今回鍵技術としてとらえている高圧系のコアエンジン技術は、国内メーカーが将来的にエンジン開発の中心的役割を果たすために必須の技術であり、本研究開発の意義は非常に高いと判断される。

本研究開発の実施にあたっては、2030年代（平成42年以降）に就航が予想される次世代航空機用エンジンは、技術実証用として整備予定のF7エンジンと推力規模が異なることから、次世代エンジンに対して有効に本技術が活用されるように、先を見通した研究開発を行っていくことが重要である。

以上より、JAXAが実施するコアエンジン技術開発については、社会からの要請に応える研究開発であり、我が国産業の振興・国際競争力強化に資するものである。

※ ICAOのNO_xの排出基準は、1990年代以降（平成2年以降）段階的に厳しくなっている。例えば、V2500クラスのエンジンにおいて、最新のCAEP8基準（平成26年）は、直前のCAEP6基準（平成20年）から15%、その前のCAEP4基準（平成16年）から約25%強化されている。（CAEP: Committee on Aviation Environmental Protection, ICAO下に設立された航空環境保全委員会）

（2）有効性

評価項目：

実用化・事業化への貢献

評価基準：

他国よりも優位な技術を早急に獲得するものであり、我が国の産業の振興、国際競争力強化に資するか

次世代エンジン開発の鍵となる環境適合性と経済性の向上について、JAXAにおいては、技術成熟度（TRL）（※）の考え方に基づいて、我が国が優位性を有する以下の技術の研究開発をこれまでに実施している。

① 低NO_x燃焼器技術

NO_xは高い温度での燃焼反応で生成されるため、温度不均一を少なくして局所的に高温となる箇所をなくす技術が低NO_x燃焼器開発の鍵である。燃焼前に燃料と空気を良く混ぜて燃料が濃い部分をなくす希薄予混合燃焼（リーンバーン）は、燃料が薄い中での燃焼であるため、不安定な燃焼が生じやすい等の技術課題がある。これまでにJAXAでは、ICAO CAEP6基準と比べて75%以上のNO_x削減（世界最高レベル）が可能なリーンバーン燃焼器の技術開発に成功している（TRL4）。

② 高温高効率タービン技術

タービンの高温高効率化により燃費が向上し、その結果CO₂も削減される。高温高効率化の鍵技術は、耐熱性の向上である。燃焼ガスから出力を取り出す高圧タービンには、高温での使用に耐えられる冷却技術が重要である。JAXAでは、耐熱複合材（CMC）の適

用や冷却空気を用いたタービン翼冷却構造の開発など、1,600℃の超高温タービン技術（小型エンジンで世界最高レベル）の研究開発を進めている（TRL3）。

次世代航空機用エンジンについては、平成 37 年以降に量産化に向けた国際共同開発の開始が見込まれており、設計・開発段階から参画するためには、環境適合性向上と経済性向上に関して我が国が優位性を持つ鍵技術の技術成熟度を早急に向上させる（低 NOx 燃焼器技術は TRL4 から 5、高温高効率タービン技術は TRL3 から 4）ことが有効である。平成 37 年以降に至るまでの研究開発のロードマップも示されており、その中での本研究開発の立ち位置も明確にされていると評価できる。

以上より、我が国が優位性を持つ環境適合性向上と経済性向上の鍵技術について、実用化に向けて TRL を上げることは、エンジン国際共同開発における分担率の向上につながり、我が国の産業の振興、国際競争力の強化に資するものである。

※TRL：Technology Readiness Level。TRL3-5 は要素実証、TRL6 がエンジンシステム実証、TRL9 が運用状態。

（3）効率性

評価項目：

計画・実施体制の妥当性

評価基準：

- ・ 技術レベルの向上計画・目標が適切か
- ・ 研究実施体制及び役割分担は適切か

本研究開発では、コアエンジンに関する各技術（低 NOx 燃焼器技術及び高温高効率タービン技術）について、次世代エンジン開発のスケジュールを見据えて、技術ごとに目指す実証レベルを定めている。

具体的には、低 NOx 燃焼器技術については、本研究開発期間終了時（平成 34 年）までに要素技術として最も高い実証レベル（TRL5）に到達する見込み。高温高効率タービン技術では、本研究開発期間終了時（平成 34 年）までに TRL4（単段タービンでの実証）に到達し、平成 35 年以降に実機多段タービンの設計・製作（TRL5）を行う見込み。両者について、平成 35 年以降に開始するエンジン実証（TRL6）を経て、平成 37 年頃を目途に開始する次世代エンジン開発への成果展開を目指す。

このように技術成熟度を活用した技術実証アプローチによって、JAXA が既に有している世界最高レベルの技術をもとに、JAXA において実用化を着実に進める計画・目標、実施体制は妥当である。

本研究開発は、産業界（エンジンメーカーなど）や大学等と連携して推進する。役割分担は以下の通り。

- ・ JAXA は、次世代航空エンジンの要求性能を見据えた先進的なコアエンジン技術の開発や大規模試験設備による技術実証を担当

- ・民間企業は、JAXA との共同研究により、エンジン製品化要求仕様を見据えて、実用化に必要となる技術的知見を提供すると共に、共同で技術実証を実施
- ・大学等は、JAXA が行う評価や解析に関し、JAXA との共同研究等により、評価・解析技術の高度化や研究開発に取り組む

また、本研究開発では、JAXA において研究リソースを本研究開発に重点化して取り組むとしている。また、最終的に産業化を目指す産業界が、研究開発のフェーズに合わせて、共同研究等により一定のリソースを負担することを原則とするとともに、大学等とも連携することで産官学の強みを生かした体制を構築し、最大限の効果が発揮できるようにする。

以上より、次世代エンジン開発のスケジュールを見据えた研究計画となっており、研究体制においては、役割分担が明確で、適切な連携体制になっていると考えられる。

5. 総合評価

(1) 評価概要

コアエンジン技術の研究開発は、以下の観点より実施を可とする。

- ・社会からの要請に応える環境適合性・経済性向上に係る研究開発であり、我が国が優位性をもち、国際競争力の向上に貢献するものであること。
- ・次世代エンジン開発のスケジュールを見据え、また、研究リソースを重点化して取り組むこととしており適切な研究計画・実施体制であり、役割分担も明確であること。

中間評価については、平成 32 年度、事後評価については、平成 35 年度に行うこととする。

(2) その他

- ・エンジンの実用化までには長期間必要となるものであり、今後の次世代エンジンの開発スケジュールや国内外の動向、費用対効果を鑑みた予算の妥当性等十分に留意し進めることが重要である。
- ・このコアエンジン技術開発を通じ、ポスト次世代エンジン技術構想に資する情報や知識の獲得や積み上げを行なっていくとともに、若手研究者の育成を始め、高度な専門的知識と技術センスを持った航空人材の育成、人的基盤の強化を図ることが重要であり、これらに留意して進めること。