

## 事前評価票（案）（第 2 回照会結果）

（委員からの修正案、コメントとそれに対する事務局の見解）

（平成〇〇年〇〇月現在）

事前評価票（案）	委員からの修正案・コメント及び事務局の見解（→部分）
1. 課題名 コアエンジン技術の研究開発（新規）	
2. 開発・事業期間 平成30年度～平成34年度	
<p>3. 課題概要</p> <p>（1）研究開発計画との関係</p> <p>施策目標：国家戦略上重要な基幹技術の推進</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p>以降 2 カ所に関してコメントしたが、本評価票の記載内容については、事務局案にて了解します。（李家主査）</p>

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

「社会からの」→「社会の」に修正されていない。(山内委員)  
→当該文言は研究開発計画の記載を呼び出したものであり、「社会からの」はそのままとします。(前回の事務局の説明が不足しておりました。)

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

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。また、今後、航空産業振興を目指しての高い競争力を持つ航空機開発のためには、基礎学力に富み長い時間をかけて得た専門知識を持った人材を多数確保することが必要である。しかし歴史的経緯もあり、米国、仏、独に比べ、我が国には航空専門人材の絶対数が少なく、特に高度な専門的知識と技術センスを持った航空人材基盤増強は喫緊の課題と思われる。このような状況を踏まえ、JAXAにおいても、

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NOx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）

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するとともに、その研究開発を通してトップ人材の育成を手掛け、我が国の航空機産業の基盤技術と航空分野専門的人材基盤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、優秀な若手研究者を参加させることでトップ人材育成にもつながり、本研究開発の意義は非常に高いと判断される。（松島委員）

→人材育成に関する貴重な御意見を頂き、感謝申し上げます。人材育成に関しては、本研究開発を進めるに当たって留意して取り組むべきものと認識しており、「5. 総合評価（2）その他」の中に、ポイントとなる内容を追記させて頂きました。

## （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 NOx 燃焼器技術

NOx 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 NOx 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 NOx 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、実用化に必要な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。

本項目に関連して、第 1 回照会時に「他省庁で進められている同様な技術開発との間で情報交換を行うべき」といった趣旨のコメントを行ったが、この働きかけを行うのは JAXA 自身ではなく文科省自身であるとの説明を事務局から受け、その点に関しては納得し、本評価票には記載しないことで了解します。（参考：事務局からのコメント「御指摘を踏まえて対応していきたい」）（李家主査）

第 1 回照会時に、「研究開発を継続して担う人材が不足することがないように計画すべき」、また「配置転換でなく長時間かけて人材を育成すべき」とコメントしたが、これに関して前者について「研究リソースを…重点化する」と修正されたことは了解した（研究リソースとは、人材リソース、予算的リソースと体制を指すと説明を受けた）。一方、後者については、本研究開発にとどまらず他の研究開発にも係わるとともに、今回 JAXA から提示を受けた「人的リソース」に関する資料にも関連するため、改めて次回の委員会で意見したい。本評価票の記述としては事務局修正どおりで了解します。（李家主査）

参考：人的リソースに関する JAXA 資料

(1) 「成果の恩恵を受ける産業界が・・・相応のリソースを負担す

<p>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。</p>	<p>ることを原則とする」との記述に関して、産業界のどこが了承しているのでしょうか？</p> <p>(2) 例えば、JAXA と IHI の責任ある立場の方々の中で、事前の公式な了解ができているのであれば問題はないと考えます。</p> <p>(3) しかしながら、「原則」に関して、責任ある立場の方々の事前了解のないものを、一方的に記載できるのか疑問です。</p> <p>(4) 「研究開発リソースの確保については、JAXA、産業界及び大学との今後の調整による。」が妥当ではないでしょうか？</p> <p>(5) その調整の結果、今後「研究リソース確保のための検討」が必要になってくるのではないのでしょうか？</p> <p>(6) 特に、今後の人的リソースの確保は一朝一夕に可能なものではなく、中・長期的視野に立って、「充員・養成計画」に基づく具体的対応が必要ではないでしょうか？（高辻委員）</p> <p>→ (1) ～ (5) については、御主旨を踏まえ、内容を修正</p> <p>(6) については、先ほどの松島委員からの人材育成に関する意見と同様、事務局としては、人材育成は、本研究開発を進めるに当たって留意して取り組むべきものと認識しており、「5. 総合評価(2)その他」の中に追記する。</p>
<p>5. 総合評価</p> <p>(1) 評価概要</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> </ul>	

- ・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。

## コアエンジン技術の研究開発 人的リソースについて



- コアエンジン技術の研究開発では、事業のスクラップアンドビルド等により、少なくとも従来のエンジン技術のプロジェクト(aFJR等)と同等規模(約15名)以上のリソースを確保し推進する。この他、企業等の共同研究相手方においても必要な人的リソースを確保頂いて、共同で開発を進める予定である。
- 後継で予定するエンジンシステムレベルの技術実証では、エンジン運用を専門とする人員も含め、全体として更なる人的リソースが必要と想定される。そのため、JAXA航空技術部門として、エンジン技術開発に関わる人員を増やすこと、また出向や招聘職員等、産業界からの人的リソースを増強することで、本研究開発計画が滞りなく進捗するよう事業を運営する。
- 他方、JAXA航空技術部門全体としてみたとき、研究員総数が漸減している状況にある。