

## 事後評価票（案）

（平成30年12月現在）

1. 課題名 航空環境技術の研究開発（低騒音化技術（航空機）を除く※）

2. 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）：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）：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幹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）：

「環境適合性・経済性向上技術の研究開発」

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。

機体については，空港周辺地域の騒音低減のボトルネックになっている高揚力装置及び降着装置の低騒音化技術の研究開発を行い，将来の旅客機開発並びに装備品開発に適用可能となるように技術成熟度を高める。また，乱流摩擦抵抗低減技術等の機体抵抗低減技術の研究開発を進め，飛行実証等の技術実証を行う。さらに，複合材を初めとした各種材料を，それぞれの特性を活かして機体に適用する等，材料開発から機体構造設計までをつなぐ技術の研究開発を行い，機体重量の飛躍的な軽量化を目指す。

運航技術については、拡大を続ける航空輸送需要に対応するため、交通量や気象条件に合わせて最適な運航を行うことにより、空港容量の拡大と環境適合性の向上が両立する管制支援技術等の研究開発を行い、高密度運航の実現を目指す。

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）

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 と企業等の共同/受託研究数）
- ②航空科学技術の研究開発成果利用数（JAXA 保有の知的財産（特許，技術情報，プログラム/著作権）の供与数）
- ③航空分野の技術の国内外の標準化，基準の高度化等への貢献

### 3. 評価結果

中間評価結果	事後評価結果(案)	コメント等
	<p>※機体騒音低減技術実証(FQUR0H)については2020年度までの事業であるため、2021年度に事後評価を実施する予定（今回の評価には含まれない）。</p>	
<p>(1) 課題の達成状況</p>		
<p>●「必要性」 【科学的・技術的意義】 複合材を活かした、エンジンの軽量化や翼の高効率化、航空機騒音低減に関する研究開発は、航空機の効率的運航や、航空機の飛行が環境に与える悪影響を低減させることを目指している。これは第4期科学技術</p>	<p>●「必要性」 航空輸送は現在の経済活動や人間の生活にとって欠かせないものであるものの、地球温暖化対策やエネルギーの効率的な利用等の課題に対応するため、航空機からのCO2、NOxの排出や燃料消費の低減が求められている。第4期科学技術基本計画で示された「グリーン</p>	<p>※ 課題の所期の目標は達成したか。達成度の判定とその判断根拠を明確にする。 ※ 科学技術の急速な進展や社会や経済情勢の変化等、研究開発を取り巻く状況に応じて、</p>

基本計画で示された「出口志向の研究開発プロジェクト」「グリーンイノベーション推進」に沿うものである。特に次世代エンジン及び小型旅客機における燃費低減及び低騒音化等の環境性能に訴求する優位技術を獲得する意義は大きく、当技術を重点投資し、世界トップレベルの要素技術に確立することが重要である。

#### 【社会的・経済的意義】

地球温暖化対策は世界的な課題であるため、特に国際輸送を担うことが多い航空機においてはCO<sub>2</sub>等の排出量の低減は喫緊の課題である。特に世界の航空輸送量はアジアを中心に高い伸びが見込まれており、我が国の航空輸送における環境負荷低減に対する要請がますます高まることは明らかである。航空環境技術は欧米においても高い目標を掲げて研究開発が実施されている。IATAの2050年までにCO<sub>2</sub>排出量を半減する目標とも方向性を同じくする。

#### 【国費を用いた研究開発としての意義】

低燃費、低騒音化、排出物低減等についてはこれからますます要求が厳しくなってくると思われ、航空機メーカー、運航者全てに課せられた課題であるが、国内航空技術の中核的研究機関であるJAXAが果たすべき役割は大きい。高効率軽量ファン・タービン技術実証(aFJR)プロジェクト、機体騒音低減技術の飛行実証(FQUROH)プロジェクト、航空環境に関する先進技術

イノベーション推進」に続き、第5期科学技術基本計画においても、運輸(車両、船舶、航空機)の各部門において、より一層の省エネルギー技術等の研究開発を図ることとされている。また、国際民間航空機関(ICAO)では、航空機のCO<sub>2</sub>排出規制基準が2017年に採択され、2020年から適用されるとともに、騒音基準についても新たな基準が2017年から順次適用されるなど環境規制が厳しくなっており、環境負荷低減に資する技術の重要性は増している。

これらの課題に対応するため、高効率軽量ファン・タービン技術実証(aFJR)プロジェクトでは、これまで主にファン径の拡大(バイパス比増)に頼っていたジェットエンジンの効率改善を、ファン及び低圧タービンに対し炭素繊維強化プラスチック(CFRP)、セラミックス複合材(CMC)を適用する等従来技術にアドオン可能な技術により行った。燃料消費量を海外の最新開発エンジンに比べ更に1.7%減少させる効果が確認された。

グリーンエンジンの研究開発では、ジェットエンジンの効率改善及びNO<sub>x</sub>排出量低減のため、高圧圧縮機の翼型、流路等の三次元設計、NO<sub>x</sub>排出を低減する燃焼器の燃料噴射技術、高圧タービンにおけるCMCの適用及び冷却構造の改善等により、ICAOの最新のNO<sub>x</sub>排出基準に適合しつつ、燃料消費量を海外の最新エンジンに比べさらに1%減少させる効果に相当する成果が確認された。

当初設定された「必要性」、「有効性」、「効率性」の各観点における評価項目及びその評価基準の妥当性を改めて評価し、必要に応じてその項目・基準の変更を提案する。  
※新たに設定された項目・基準に基づき、「必要性」、「有効性」、「効率性」の各評価項目について、その評価基準の要件を満たしているか評価する。

(グリーンエンジン技術, エコウィング技術等) はいずれも次世代旅客機への実用化が期待され, 出口志向の研究開発となっている。これらの技術は, 一企業で実施するにはリスクが高く, 国として研究開発をまず進めるべきである。

● 「有効性」

【新しい知の創出への貢献】

JAXA の優位技術であるシミュレーション技術を応用し飛躍的な軽量化を図る新概念設計や先進複合材の適用に必要な高精度評価により実用化を可能とし, 獨創性, 発展性に優れている。

【研究開発の質の向上への貢献】

現状の要素技術では光るものを持っているが, 航空エンジン, 主翼として仕上げた時に, 競争力のある世界に優越する物ができるかという観点からは, 更なる

エコウィングの研究開発では, 主翼について CFRP の薄層化による板厚最適化・許容応力向上, 空力構造統合設計手法の適用による構造上の制約を踏まえた空力設計の最適化等により, 現行機をベースとしたベースライン機に対して15%の燃料消費量削減の見通しが得られた。

以上のとおり, 本研究開発は, 燃料消費量や騒音, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> に係る問題等について, JAXA の有する優位技術を更に高度化し, 世界トップレベルの技術を獲得するものであり, 社会的・経済的意義, 科学的・技術的意義はいずれも高く, また, これらの技術開発は, 一企業で実施するにはリスクが高く, 国として研究開発をまず進めるべきものであり, 本研究開発の「必要性」は高いと認められる。

● 「有効性」

本研究開発で取り組まれた各課題は, いずれも研究計画・評価分科会で定められた研究開発計画の中目標達成のために重点的に推進すべき研究開発課題に取り組むものとして掲げられており, 行政施策に貢献するものである。

高効率軽量ファン・タービン技術実証 (aFJR) プロジェクトでは, ファン及び低圧タービンに CFRP や CMC を適用するなど, 燃料消費量を減少させる従来技術にアドオン可能な新たな技術を開発した。本研究の成果を受けて国内メーカーが実用化検討に着手するなど, 我

体制の強化が必要である。

#### 【実用化・事業化への貢献】

今後 10 年で、機体の燃費を 30%以上向上させることや、離着陸騒音や有害物質排出の低減を目指している。航空機の環境負荷低減は航空機メーカーにおいても注目されている技術である。この分野は国内メーカーとの共同研究開発、成果の民間への移転が容易な分野と考えられる。

#### 【行政施策への貢献】

第 4 期科学技術基本計画の出口志向、グリーンイノベーション推進に沿っている。また「航空科学技術に関する研究開発の推進方策について」において、航空輸送におけるエネルギー利用の効率化及びスマート化、騒音低減等に資する出口指向の研究開発への重点化が提言されている。

#### 【人材の育成】

目標と期限の決まったプロジェクト活動により、各研究者の能力の集約と協働力を高めるとともに、技術実証により机上のアイデアを実証するまでの工学的なセンスを育てる。また各研究者が自身の専門分野を超えて幅広い航空分野の知識を深めることで、学際的な視野を身につけ、必要な技術課題の見極めや課題解決力を向上させる。さらに共同研究や公募型研究等を充

が国の国際共同開発の更なるシェア確保・拡大に向けた技術成果を得るとともに、国内大学との共同研究や国内メーカーとの連携を通して、これらの研究開発を JAXA 主体で進めたことにより、JAXA の研究者の育成に大きく貢献したと考えられる。また、大学との共同開発に参画した学生がエンジン業界に就職したことなどから、JAXA の外部における人材育成にも貢献したと考えられる。

グリーンエンジンの研究開発では、高圧圧縮機の翼型、流路等の三次元設計、NOx 排出を低減する燃焼器の燃料噴射技術、高圧タービンの冷却構造の改善等による NOx 排出低減と低燃費を同時に実現する燃料消費・環境性能に関する優位技術が、解析や要素実験により実証され今後の実用化に向けた優れた成果が得られた。

エコウィングの研究開発では、CFRP の構造設計技術の改善、翼の空力設計と構造設計の統合設計技術の開発を通して燃料消費量の大幅改善に資する見通しを得ており、技術移転した際のメーカーによる機体設計の高度化に大きく貢献する成果が得られた。

いずれの課題でも以上のとおり所期の成果をあげており、科学技術の高度化に寄与したものと考えられ、有効性は高いと認められる。

実させれば、人材開発に資することは明らかである。例えば、aFJR プロジェクトでは基礎研究を進める国内大学と実機開発実績のある国内メーカーとの共同研究体制により、基礎から実用まで俯瞰し鑑定する能力を有する人材育成が見込まれる。航空機は高い技術力を集約する分野でハードの意識が強い。そのため、排出物低減や利用者の快適性向上のソフト的側面を重視した研究開発の人材を、今回の取り組みを通して育成できる点は魅力といえよう。

#### 【知的基盤の整備への貢献】

今や単独の技術革新によって画期的に性能が向上するというのは難しく、様々な要素技術の積み重ねにより航空機全体の低燃費、低騒音化、低エミッション化を図る必要があり、aFJR プロジェクト、FQUROH プロジェクト、航空環境に関する先進技術等各分野でそれぞれの研究成果をあげ、将来的にエンジン開発、機体設計ともに日本の技術の優位性が確立できるものと期待される。

#### 【見込まれる直接の成果、効果及び波及効果の内容】

本課題は産業競争力育成に繋がることが期待される。aFJR プロジェクトにおいては、JAXA により成熟度が高められた技術がファンタービンシステムに適用されることにより、我が国の国際共同開発におけるバーゲニングパワー獲得、更なる分担率の向上に繋がる。

また、FQUROH プロジェクトにおいては、JAXA がシステム実証した低騒音化技術等が差別化技術として適用されることにより、国際競争力のある次世代小型航空機開発などに貢献し、我が国がリージョナルジェット分野で世界の確固たる地位を占めることに繋がる。

#### 【これまでの成果】

本研究開発課題については、これまで以下の成果を得ており、目標設定に対して十分な成果が得られつつあり、所定の有効性を示す研究開発が適正に実施されていると判断する。

- ・ aFJR プロジェクトについては、次世代の超高バイパス比エンジンのファン及び低圧タービンに関し、トータル1%相当の燃費低減を実現する目標設定を定め、実証試験を目指した研究開発計画を明確化するとともに、モデル試作・試験・解析を行って基礎データを取得し、低燃費化に資する高効率・軽量化設計の見通しを高めた。

- ・ FQUROH プロジェクトについては、今後世界で低減が望まれる着陸時騒音の主音源である高揚力装置及び主脚における新騒音低減技術に関して、飛行実証を目指した研究計画を明確にした。また、JAXA 実験用ジェット機（飛翔）を用いた飛行実証に向け、低騒音化設計を進め、風洞試験による評価から、世界初となるフラップ騒音低減の飛行実証への見通しを得た。

- ・ 航空環境に関する先進技術の研究開発のうち、グ

リーンエンジン技術については、窒素酸化物の排出量を低減する燃焼器，騒音を低減する排気ノズル出口形状，燃料消費率を低減する高温／高圧ターボ機械設計技術等の要素技術を確立した。また，エコウィング技術については，重量低減のため，軽量複合材構造のキーとなる，複雑曲面自動積層適用技術，薄層プリプレグ等の研究開発を推進し，軽量化へのインパクトが高い，プライドロップオフ形状※1 についての解析方法を構築し，さらに抵抗低減のため，リブレット※2・層流翼・モーフィング※3 などの抵抗低減技術について研究開発を推進し，リブレットについては従来形状より抵抗低減率を約 2%向上させた世界トップレベルの独自形状を創出し設計手法を構築した。

※1 複雑部位などの複合材の板厚が変化する形状。複合材の積層構造の性質上，段差部分などに余分な材料が生じる。

※2 表面の微細な凹凸模様により摩擦抵抗を低減する技術

※3 形状変化により空力性能などを向上させる可変構造技術

● 「効率性」

【計画実施体制の妥当性】

aFJR 及び FQUROH プロジェクトについては，JAXA 内にプロジェクトチームが設置され，JAXA 内において一

● 「効率性」

本研究開発で取り組まれた各課題は，以下のとおり，いずれも産学や関係省庁との連携のもと，当初の計画に沿って計画的・効率的に進められたと認められる。

定の期間内において目標を達成するための適切な体制が構築されていると判断する。また、共同研究や公募型研究等を通じ、実施機関である JAXA と産業界との連携を主軸とし、大学、官公庁と連携を強化し、JAXA の基盤的能力も含め、我が国全体の技術的能力が大いに活かされる実施体制が構築されていると判断する。例えば、

・ aFJR プロジェクトについては、先進技術導入設計を担当する JAXA、供試体製作や実用性評価を担当する国内メーカー（IHI）及び解析技術の高度化等を担当する国内大学（東京大学、筑波大学、金沢工業大学）という各々の強みを生かした連携体制となっている。

・ FQUROH プロジェクトについては、低騒音化の要素技術を有する JAXA と技術開発のニーズを有する航空機・装備品メーカー 3 社が一同に参画する共同研究体制により、実用化のため技術力の集約を図れる体制となっている。

どちらのプロジェクトも共に研究開発から開発技術の製品への実装まで、一貫通貫した体制で実施されており、研究開発全体を見ても限られた期間・リソースで目標を達成するために適切な体制と判断される。

#### 【目標・達成管理向上方策の妥当性】

ICAO 等世界的な動向に応じて、計画等に関して柔軟性を持って対応することが必要である。

なお、研究開発成果については、特許化するものと秘匿管理するものを識別の上で戦略的に知的財産の保護、技術流出防止に取り組むとともに、パートナー企業と秘密保持契約を締結する等により適切に管理されている。

高効率軽量ファン・タービン技術実証（aFJR）プロジェクトでは、当初予定の連携体制（国内メーカー（IHI）及び国内大学（東京大学、筑波大学、金沢工業大学））に実証試験に係る解析技術を担当する国内大学（東京理科大学）を加え連携を強化するとともに、外部有識者を含めた内部審査を組織内で実施するなど、目標達成に向けて限られたリソースを最大化するよう取り組まれた。また、以下のとおり当初の計画に沿って進められた。

平成 25 年度：研究開発計画の明確化

平成 26 年度：モデル試作・試験・解析による基礎データ取得

平成 27 年度：モデル改良・試験・解析により基礎データの改善

平成 28 年度：供試体の設計製作に着手

平成 29 年度：ファン及び低圧タービンの供試体を用いた実証試験

グリーンエンジンの研究開発では、外部有識者による助言を受けつつ、JAXA の研究事業実施要領に沿った研究管理体制のもと、国内研究機関（物質・材料研究機構）、国内メーカー（IHI、川崎重工業、本田技研、B&K Japan）及び国内大学（東京大学、九州大学）との連携

### 【費用構造や費用対効果向上方策の妥当性】

限られたリソースで日本のプレゼンスの向上と航空産業の成長に効率的に寄与するため、10年20年先を見据えた優位性のある aFJR プロジェクト、FQUROH プロジェクトに優先的に着手し、次いで重要な技術ではあるが日本として保有していない先進技術に重点投資している。また aFJR プロジェクト、FQUROH プロジェクトでは、技術成熟度が低い要素技術研究・実証段階から企業と責任分担に応じて資金分担する、これまでにない費用構造となっている。責任に応じた資金分担は、参加各機関の意識向上に有効であり費用構造として妥当と思われる。とくにこの研究開発は予算規模も大きいだけに、この仕組みは国民の理解が得やすい形といえる。

### 【研究開発の手段やアプローチの妥当性】

適切な予算規模を考慮しつつ実機地上試験や飛行実証試験の実施を推進し、システム技術の実証と設計技術を確立することは研究開発のアプローチとしては優れている。一方、近い将来の航空機産業の国際競争力向上を意図するならば、各要素技術をインテグレートする知的基盤、体制が弱いこと等、日本の航空産業の問題点を認識し、その解決に向けての方策を積極的に取り入れるべきである。

### 【ロードマップ】

体制を構築し、以下のとおり当初の計画に沿って進められた。

平成 25 年度：低排出燃焼器等のエンジン要素設計／試作

平成 26 年度：要素実験、技術実証用エンジンの設計仕様の設定

平成 27 年度：要素技術実証、技術実証用エンジンの基本設計

平成 28 年度：要素技術実証、技術実証用エンジンの要素性能評価

平成 29 年度：要素技術実証、技術実証用エンジンの基本設計完了

エコウィングの研究開発のうち、空力関係ではメーカー（三菱重工業、川崎重工業）や大学（東京大学、首都大学東京等）に加え、リブレットでの異分野企業（オーウェル）との連携が特筆される。また、構造・複合材関連ではメーカー（川崎重工業、SUBARU）や大学（上智大学、首都大学東京、等）を中心に、特に薄層複合材で公的研究機関を含む国際的連携体制（福井県工業技術センター、DLR、エアバス、三菱重工業）、光ファイバ関連ではメーカー（アンリツ）、大学（東京大学）との連携が図られた。以上のとおり、メーカーや大学、公的研究機関との連携し、以下のとおり当初の計画に沿って進められた。

平成 25 年度：薄層化材料開発、抵抗低減要素技術検討

以下の通り、産業界及びユーザーのニーズ等を考慮したロードマップを設定し、その進行・進捗の確認についても JAXA 内部における評価等を含め、組織的に管理することとしており妥当である。

・ aFJR プロジェクト

平成 25 年度：燃費低減に関する実証試験を目指した研究開発計画を明確にした。

平成 26 年度：モデル試作・試験・解析による基礎データを得た。

平成 27 年度：モデル改良・試験・解析により基礎データを得る。

平成 28 年度：基礎データに基づいて供試体の設計製作に着手する。

平成 29 年度：ファン及び低圧タービンの供試体を用いた実証試験を実施する。

・ FQUROH プロジェクト

平成 25 年度：機体騒音低減技術の飛行実証を目指した研究開発計画を明確にした。

平成 26 年度：飛翔の高揚力装置低騒音化の風洞試験データを取得した。

平成 27 年度：風洞試験データ取得、飛翔の改造設計を実施し騒音計測技術を改良する。

平成 28 年度：飛翔による飛行実証（予備試験）及び低騒音化改良設計を実施する。

平成 29 年度：飛翔による飛行実証（本試験）及び

平成 26 年度：軽量化設計、低抵抗設計技術の構築

平成 27 年度：板厚変化部構造要素強度設計技術、空力構造統合設計ツールの構築

平成 28 年度：自動積層構造要素供試体を製作し、欠陥と強度のデータを取得。構造及び空力の要素設計。空力風洞試験供試体の製作

平成 29 年度：薄層複合材による主翼適用軽量化設計。ベース形状の空力性能取得風洞試験。空力構造統合設計機体の性能評価

MRJ の低騒音化設計に着手する。

- ・ 航空環境に関する先進技術の研究開発  
(グリーンエンジン)

平成 25 年度: 低排出燃焼器等のエンジン要素設計／  
試作を進めた。

平成 26 年度: 要素実験を行うとともに技術実証用エ  
ンジンの設計仕様を設定した。

平成 27 年度: 要素技術実証とともに技術実証用エン  
ジンの基本設計を開始する。

平成 28 年度: 要素技術実証とともに技術実証用エン  
ジンの要素性能評価を行う。

平成 29 年度: 要素技術実証と技術実証用エンジンの  
基本設計を完了する。

(エコウィング)

平成 25 年度: 薄層化材料開発, 抵抗低減要素技術検  
討を行った。

平成 26 年度: 軽量化設計及び低抵抗設計技術を構築  
した。

平成 27 年度: 構造及び空力の要素設計を行う。

平成 28 年度: 構造要素供試体及び空力風洞試験供試  
体を製作する。

平成 29 年度: 軽量化設計及び低抵抗機体設計の評価  
試験を実施する。

【資金計画】

平成 25～27 年度：46.4 億円

欧米においても航空機の環境技術に関する取り組みは加速しており、研究開発に多額の投資がなされている。本研究開発の総予算規模については、JAXA がこれまでに生み出した成果等に鑑みると、現時点において資金計画は妥当であると判断する。

#### 「必要性の再評価」

世界の航空旅客数については今後 20 年で 2.5 倍に増加すると予測されており、航空交通の需要はますます伸びることが予想される。航空機の CO2 排出規制については、CAEP9 (2013 年 2 月) で CO2 の規制指標と規制案の原案 (Annex 16, Vol. III) が承認されたところ。規制のレベルや施行時期、規制対象、規制に向けた体制が CAEP10 (2016 年 2 月) に合意され、2020 年から施行できるよう JAXA も参加して活発な活動が進められている。aFJR プロジェクトが目指す CO2 削減技術 (燃費低減技術) が次世代航空機開発 (EIS2025 年頃) にとって必須のものになる見込みである。騒音規制については CAEP/9 (2013 年 2 月) において、新形式機への騒音規制強化 (Chapter14) とその適用時期が合意された。排気ガス関係では、PM (粒状物質) に関して、これまでのフィルタ方式のスモーク数から PM の重量及び数密度に規制方法を変換していくことが CAEP10 で合意される見通しであるため、JAXA でもそれに応じ

てPMの測定方法の変更を進めている。

以上、今後の航空輸送量の増大や世界的な環境問題に対する取り組みの高まりから、環境規制は一層強化される傾向にあり、環境技術の必要性はさらに高まっていることから、研究開発の必要性は認められるものと判断する。

#### 「有効性の再評価」

骨太方針「経済財政運営と改革の基本方針 2014 について」で求められている「航空産業の振興」に貢献するものである。また「戦略的次世代航空機研究開発ビジョン（文部科学省）」では、「航空機産業は関係省庁の連携の下で国が主導し、牽引すべき産業分野である」とし、JAXAの役割として、「航空機産業の発展に資するため、先進的な航空科学技術に関する研究開発の面から課題に取り組むこと」が求められている。またビジョンの「民間航空機国産化研究開発プログラム」において必須の課題とされている「環境適合性」「経済性」に対応する技術開発である。さらに「航空科学技術に関する研究開発の推進のためのロードマップ（文部科学省）」における我が国の航空産業の国際競争力強化に必要な機体及びエンジン技術に対応している。本研究開発課題では、これらの目標に合わせた研究開発計画を立てていることから、本研究開発の目標の有効性は維持されているものと判断する。

#### 「効率性の再評価」

aFJR 及び FQUROH プロジェクトについては、JAXA 内にプロジェクトチームが設置され、一定の期間内において目標を達成するために産官学の強みを活かした適材適所の人員を集中的に投入できる体制が構築され、より効率的な体制となっていると判断する。また、産業界や学界との広範囲な連携はその実績を認めるとともに、今後も公募型研究等を推進し、日本の産学で眠っているシーズを発掘できる体制作りを積極的に進めるべきである。

#### 「今後の研究開発の方向性」

航空機の高いレベルの環境技術の獲得は、エネルギー消費量削減を可能とする技術であるだけでなく、航空機産業の国際競争力の強化にとって重要であり、国が主体的に研究開発を進める意義がある。文部科学省は戦略的次世代航空機研究開発ビジョンの実現に向け、エンジン技術の地上実証に必要な大型試験設備として、中小型機用で唯一の国産ジェットエンジンである防衛省の F7 エンジンの導入及びそれを要素技術実証のテストベッドとして運転するための試験設備改修について、予算獲得を進めている。機体技術に対するジェット FTB 等と同様に、エンジン技術についてもシステムレベルの技術成熟度を獲得することが可能となる見込みであり、国内連携によりこのエンジンを活用した活動にも力を注ぐ必要がある。

aFJR プロジェクトに関しては、我が国で既に実績を上げている分野に関して、JAXA が得意とする数値解析技術を活用して成果を出そうとする方針であり、あらかじめ定められた期間内に成果を出さねばならないという現状では、適切な計画であると判断される。ただし我が国のジェットエンジン技術を飛躍させるためには、「航空環境に関する先進技術の研究開発」の中でも取り上げられているような、どちらかという我が国において従来から余り得意としていなかった分野の強化が必要であり、これらの分野でも着実な研究開発の実施が望まれる。加えてTRL レベルの高い研究課題に関しては、獲得される技術を定性的、定量的にきちんと評価できるよう研究開発の指針を立てるべきである。また、技術に関する情報の共有と管理体制を明確化し、オールジャパンとしての技術の蓄積を考えた研究開発を行う必要がある。

FQUROH プロジェクトに関しては、エンジン騒音のほうへ目が向けられやすい騒音関連技術において、何故機体騒音を低減すべきかという面での説明努力をより一層強化していくことが、本プロジェクトの有用性を社会に広く認識してもらうために重要である。

上記の項目・基準に基づき、課題の「継続」が妥当であると判断する。

## (2) 総合評価

★★再掲：参考情報★★

【これまでの成果】

本研究開発課題については、これまで以下の成果を得ており、目標設定に対して十分な成果が得られつつあり、所定の有効性を示す研究開発が適正に実施されていると判断する。

・aFJR プロジェクトについては、次世代の超高バイパス比エンジンのファン及び低圧タービンに関し、トータル1%相当の燃費低減を実現する目標設定を定め、実証試験を目指した研究開発計画を明確化するとともに、モデル試作・試験・解析を行って基礎データを取得し、低燃費化に資する高効率・軽量化設計の見通しを高めた。

・FQUROH プロジェクトについては、今後世界で低減が望まれる着陸時騒音の主音源である高揚力装置及び主脚における新騒音低減技術に関して、飛行実証を目指した研究計画を明確にした。また、JAXA 実験用ジェット機（飛翔）を用いた飛行実証に向け、低騒音化設計を進め、風洞試験による評価から、世界初となるフラップ騒音低減の飛行実証への見通しを得た。

・航空環境に関する先進技術の研究開発のうち、グリーンエンジン技術については、窒素酸化物の排出量を低減する燃焼器、騒音を低減する排気ノズル出口形状、燃料消費率を低減する高温／高圧ターボ機械設計技術等の要素技術を確立した。また、エコウィング技

① 総合評価

本研究開発は、国際競争力強化のため、環境適合性と経済性を向上させることを目的に開始されたものであるが、以下のとおり優れた成果が得られており、適切に進められたと評価できる。今後は既に構築されている産学官の連携体制を維持・発展をさせつつ、エンジン関連技術については技術実証テストベッドとすべく整備を進めているF7エンジンも活用しつつ、実用化に向けた取組を進めることが期待される。

【aFJR プロジェクト】

本研究開発は、エンジン低圧部であるファン及び低圧タービンに対する低燃費化技術を更に進め、世界トップレベルの燃費低減技術を開発するものであり、以下の技術成果が得られた。

1. 高効率軽量ファン技術開発

a) 高効率ファン技術

- ファン動翼前縁の曲率を工夫して層流域を拡大すること（層流翼設計）等で高効率化を達成した。
- 実証試験では、動翼空力効率について世界トップレベルを目指した目標値を 0.7pt 上回る高効率化（1.7pt 改善）を実証した。

b) 軽量ファンブレード技術

- 世界で初めて炭素繊維強化プラスチック（CFRP）ブレードの中空構造化に成功し、軽量化を実現した（国際特許出願済）。

※ どのような成果を得たか、その所期の目標との関係は。波及効果があったか。などの観点から、本事業の総合的な評価について、簡潔に5～10行程度で記載のこと。

術については、重量低減のため、軽量複合材構造のキーとなる、複雑曲面自動積層適用技術、薄層プリプレグ等の研究開発を推進し、軽量化へのインパクトが高い、プライドロップオフ形状※1 についての解析方法を構築し、さらに抵抗低減のため、リブレット※2・層流翼・モーフィング※3 などの抵抗低減技術について研究開発を推進し、リブレットについては従来形状より抵抗低減率を約 2%向上させた世界トップレベルの独自形状を創出し設計手法を構築した。

※1 複雑部位などの複合材の板厚が変化する形状。複合材の積層構造の性質上、段差部分などに余分な材料が生じる。

※2 表面の微細な凹凸模様により摩擦抵抗を低減する技術

※3 形状変化により空力性能などを向上させる可変構造技術

- 実証試験では、実用化に必要な鳥吸込みなどの異物衝突に対する耐空性基準レベルをクリアした。

#### c) 軽量吸音ライナ技術

- 既存のアルミ製に代わり、世界で初めて樹脂製の吸音ライナの成形に成功し、軽量化を実現した(国際特許出願済)。

- 実証試験では、アルミ製ライナに対する重量低減効果と強度の両立、ファン騒音の音圧低下量がより大きいことを実証した。

### 2. 軽量タービン技術

#### a) 軽量タービンブレード技術

- タービン翼を、世界的に実用例がなく、耐熱合金よりも軽量で耐熱性の高いセラミックス基複合材(CMC)製とすることで軽量化(9.1%)を実現した。

- CMC タービン動翼に適した従来手法とは異なる過回転防止設計法(コンセプト)を考案し(特許出願予定)、これを試験により実証した。

### 3. エンジンシステム評価

- 実証試験で得られた成果(燃料消費量)を評価するツール(AVJE-AFD)を開発し、飛行ミッションに対する燃費低減効果を評価した。

- 海外の最新開発エンジンの燃料消費量と比較して更に1.7%の燃費低減効果が確認された(現行エンジン(V2500)と比較した場合には16.7%低減)。

本課題が関係するアウトプット指標：

- i) 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）

本研究開発の達成状況は上記のとおりであるとともに、共同/委託/受託研究は以下のとおり実施された。

年度	25	26	27	28	29
件数	1	3	3	3	4

本課題が関係するアウトカム指標：

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

年度	25	26	27	28	29
件数	0	1	1	1	1

- ii) 航空科学技術の研究開発成果利用数（JAXA 保有の知的財産（特許，技術情報，プログラム/著作権）の供与数）

年度	25	26	27	28	29
件数	0	0	0	0	0

- iii) 航空分野の技術の国内外の標準化，基準の高度化等への貢献

特になし。

【航空環境に関する先進技術の研究開発】

研究開発は、次世代旅客機における燃料消費低減，排

出物低減等に訴求する機体・エンジンに係る優位技術を獲得するものであり、下記のとおり成果が得られた。

#### ○グリーンエンジン技術の研究開発

本研究開発は、エンジン高圧部であるコアエンジンについて、NOx の排出量を低減する燃焼器、燃料消費率を低減する高温/高圧ターボ機械設計技術、騒音を低減する排気ノズル出口形状等を開発するものである。ICAO の最新の NOx 排出基準に適合しつつ、燃料消費量を海外の最新エンジンに比べさらに 1%減少させる効果に相当する以下の技術成果が得られた。

##### 1. スーパーコアエンジン技術開発

###### a) エンジンシステム設計

小型高出力コアエンジンの概念設計を行い、現行エンジン (V2500) 比で燃料消費 16%削減を達成できる見込みを得た。

###### b) エンジン制御技術

燃料消費量の最小化を図る多変数性能最適制御技術を開発し、超小型ターボファンエンジンを用いた実証試験により、燃料消費量を削減できることを確認した。

###### c) 高負荷圧縮機技術

高負荷圧縮機の翼型、流路等の三次元形状を決定し、高効率を実現する圧縮比 20 以上の性能を CFD 解析により確認した。

###### d) 超高温低 NOx 燃焼器技術

リーンバーン（希薄予混合）2段燃焼器を適用し、高温高圧の条件で ICAO 規制に適合する窒素酸化物の排出低減（規制値より 85%低減）を実証した。

e) 超高温タービン技術

タービン冷却構造について、電熱試験によりタービン入口温度 1600℃を達成する冷却効率を確認するとともに、ニッケル基単結晶材の寿命評価、コーティング材の耐損傷性能の評価等により、タービン入口温度 1600℃での適切に作動する目途をつけた。

2. エンジン騒音低減技術開発

ジェット騒音抑制のためにエンジン排気部形状を改良（ミキサノズル）し、小型エンジンを用いて騒音低減効果と性能影響を評価した。エネルギー損失を 1%以内に抑制しつつエンジン騒音を 1 dB 低減させる目標を達成した。

本課題が関係するアウトプット指標：

- i) 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）

本研究開発の達成状況は上記のとおりであるとともに、共同/委託/受託研究は以下のとおり実施された。

年度	25	26	27	28	29
件数	4	6	5	10	10

本課題が関係するアウトカム指標：

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

年度	25	26	27	28	29
件数	3	3	3	7	7

ii) 航空科学技術の研究開発成果利用数（JAXA 保有の知的財産（特許，技術情報，プログラム/著作権）の供与数）

年度	25	26	27	28	29
件数	0	1	2	1	1

iii) 航空分野の技術の国内外の標準化，基準の高度化等への貢献

特になし。

#### ○エコウィング技術の研究開発

本研究開発は，構造重量軽減と空力抵抗低減により燃料消費量を低減（現行の金属構造の機体に対して15%低減）する技術の研究開発であり，以下のとおり成果が得られた。

##### 1. 軽量構造技術

- a) プライドロップオフ（板厚変化）部最小化技術
  - 荷重が集中する板厚変化部の破壊を予測する技術を構築した。
- b) 複雑曲面自動積層技術
  - 曲面を有する C 型桁形状供試体を自動積層で試作し，欠陥と強度のデータを取得した。

- c) 薄層化プリプレグ技術
    - 衝撃後圧縮強度（CAI）が従来材よりも 50%向上した薄層 CFRP を開発した。
    - 120 席クラスの主翼上面・下面パネルへ適用した場合に、約 6%の重量削減効果があることを確認した。
  - d) 高機能構造及びモーフィング技術
    - 光ファイバ分布ひずみセンサーの飛行試験を行い、実飛行環境で確実に計測できることを実証した。
    - 軽量かつ少ないエネルギーでの舵面制御を可能とするモーフィング舵面の模型を開発し、風洞試験により空力特性データを取得した。
2. 抵抗低減技術
- a) 空力構造統合設計技術
    - 空力構造統合設計手法により最適アスペクト比を設定するとともに、揚力分布最適化、層流翼技術の適用等により、ベースライン機に対して 6%強の燃料消費量削減効果があることを数値解析により確認した。
    - 主翼構造重量を推算する構造サイジングツールを高度化（座屈等の物理現象も考慮可能）し、設計時間を大幅に短縮した（1 週間→1 日）。
  - b) 層流翼技術
    - 層流化による粘性抵抗低減に加え、圧力抵抗も低減する設計コンセプトを創出し、3 件の特許を出

願した。

c) リブレット技術

- 実験用航空機「飛翔」の胴体の一部に独自開発の航空機用塗料によるリブレットを施工して飛行試験を実施し、飛行環境下における境界層速度分布の計測により開発したリブレットが飛行環境下で空力抵抗の低減に有効であることを実証した。

これらの技術により、15%の燃費減少の達成に必要な技術獲得の見通しを得た。

本課題が関係するアウトプット指標：

- i) 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）

本研究開発の達成状況は上記のとおりであるとともに、共同/委託/受託研究は以下のとおり実施された。

年度	25	26	27	28	29
件数	11	22	17	24	20

本課題が関係するアウトカム指標：

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

年度	25	26	27	28	29
件数	5	7	5	9	8

- ii) 航空科学技術の研究開発成果利用数（JAXA 保有の知的財産（特許、技術情報、プログラム/著作権）

の供与数)

年度	25	26	27	28	29
件数	0	0	0	0	0

iii) 航空分野の技術の国内外の標準化，基準の高度化等への貢献

特になし。

## ② 評価概要

本研究開発は，以下のとおり優れた成果が得られており，適切に進められたと評価できる。産学官の連携体制のもと，実用化に向け，民間への技術移転あるいは更なる技術成熟度の向上の取組を進めることが期待される。

aFJR プロジェクトでは，エンジン低圧部であるファン及び低圧タービンに対する世界トップレベルの低燃費化技術を開発し，海外の最新開発エンジンの燃料消費量と比較して更に 1.7%の燃費低減効果が確認された

グリーンエンジン技術の研究開発では，エンジン高圧部であるコアエンジンについて，ICAO の最新の NOx 排出基準に適合しつつ，燃料消費量を海外の最新エンジンに比べさらに 1%減少させる効果に相当する技術，騒音を低減する排気ノズル出口形状等を開発するなどの所期の成果が得られた。

エコウィング技術の研究開発では，構造重量軽減と

	<p>空力抵抗低減により、現行の金属構造の機体に対して15%の燃費減少を達成する見通しを得た。</p>	
<p>(3) 今後の展望</p>	<p>我が国がこれまで航空機の設計開発分担を獲得できていない分野に新たに参入し、産業基盤を支える分野の発展に着実に繋げるためには、独創的かつ飛躍的なレベルの技術を開発し、新型機開発等の好機を逃さないことが重要である。</p> <p>次世代エンジンの国際共同開発に向け、独自の先進的な技術の技術成熟度を高めることで国際競争力を向上させることが、設計開発分担の拡大のための有利な立場を築くことに繋がる。このため、平成31年に導入予定のF7エンジンを共用の技術実証テストベッドとすることにより、本研究開発の成果の最大化を図っていくことが必要である。</p> <p>aFJRプロジェクトについては、高効率軽量ファンと軽量タービン技術については国内メーカーによる次世代エンジン搭載に向けた実用化検討を、新規技術である軽量吸音ライナ技術についてはJAXAによるF7エンジンを用いた実証試験を通じた技術成熟度向上を行うことにより、国内企業が国際共同開発に参画することが期待される。</p> <p>グリーンエンジン技術のうち、スーパーコアエンジン技術（超高温NOx燃焼器、超高温タービン）については、国内メーカーと連携しつつ、F7エンジンも活用した実用化に向けたプロジェクトを推進することが期</p>	<p>※ 今後の展望も記載のこと。 （研究結果を踏まえた今後の展望、予想される効果・効用、留意事項（研究開発が社会に与える可能性のある影響（倫理的・法的・社会的課題及びそれらへの対応）を含む。）</p>

待される。また、スーパーコアエンジン技術（高負荷圧縮機技術）やエンジン騒音低減技術等についても、国内メーカーと連携して、設計・解析技術の高度化を目指した研究が予定されている。

エコウィング技術のうち、高ひずみ軽量複合材構造設計技術については、薄層 CFRP を対象に国内メーカーと連携して効果的な適用方法を明らかにし、実用化に向けた産学官共同研究を推進することが期待される。空力／構造連携機体抵抗低減技術については、実用化に向けて層流翼技術及びリブレット技術を対象に国内メーカーと連携して実機実装を想定した課題解決のための技術実証等が期待される。

国際共同開発への参画を見据えた要素技術開発は国内メーカーと連携し出来る限り先行的に進めることを基本としつつ、特に F7 エンジンを用いた技術実証の実施など高い TRL を目標とする研究開発は、リソースの効率的な配分の観点からも、成果を活用した製品の納入先あるいは将来的な技術移転先となりうる機関との連携を図っていくことも重要である。

また、aFJR プロジェクトは JAXA が得意とする数値解析技術を活用して優れた成果が得られたものである。出口における成果を最大化のため、引き続き数値解析技術の更なる高度化に取り組むことも必要と考える。