

航空環境技術の研究開発 中間評価結果

平成27年10月

科学技術・学術審議会

研究計画・評価分科会

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
	鐘尾 みや子	一般社団法人- 日本女性航空協会理事長
	佐藤 哲也	早稲田大学理工学術院基幹理工学部教授
	鈴木 みゆき	ジェットスター・ジャパン株式会社代表取締役社長
	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
	松島 紀佐	富山大学大学院理工学研究部教授
	宮下 徹	公益財団法人- 航空輸送技術研究センター常務理事
	山本 佳世子	株式会社日刊工業新聞社論説委員兼編集委員
	結城 章夫	山形大学名誉教授

「航空環境技術の研究開発」の概要

1. 課題実施期間 平成25年度 ～ 平成29(32)年度

2. 研究開発概要・目的

○高効率軽量ファン・タービン技術実証(aFJR)プロジェクト

エンジンのファンおよび低圧タービンの差別化技術の燃費低減性能を実証し、国内メーカーが次の国際共同開発において設計分担を狙えるレベルまで技術成熟度を高める。

○機体騒音低減技術実証(FQUROH)プロジェクト

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および降着装置に対する低騒音化技術を、将来の旅客機開発ならびに装備品開発に適用可能な段階まで成熟度を高める。

上記に加え、航空環境に関する先進技術の研究開発を実施し、次世代超高バイパス比エンジン/次世代国産旅客機における燃料消費低減、排出物低減等の環境性能に訴求する性能要素における優位技術を獲得する。航空機の市場価値を決める技術に対し優位性、競争力を確保し、我が国産業界の国際的発言力の向上に貢献する。

航空輸送の環境負荷を低減する航空科学技術の研究開発に重点投資し、約10年後までに、燃費向上30%以上、離着陸騒音や有害排出物の低減で世界トップレベルの要素技術を確立し、市場競争力のある国産旅客機の開発及び国際共同開発における我が国製造産業の主体的参画に寄与し、持続的で豊かな社会の実現への貢献を通じた日本のプレゼンスの向上と、日本の航空産業の成長に寄与する。

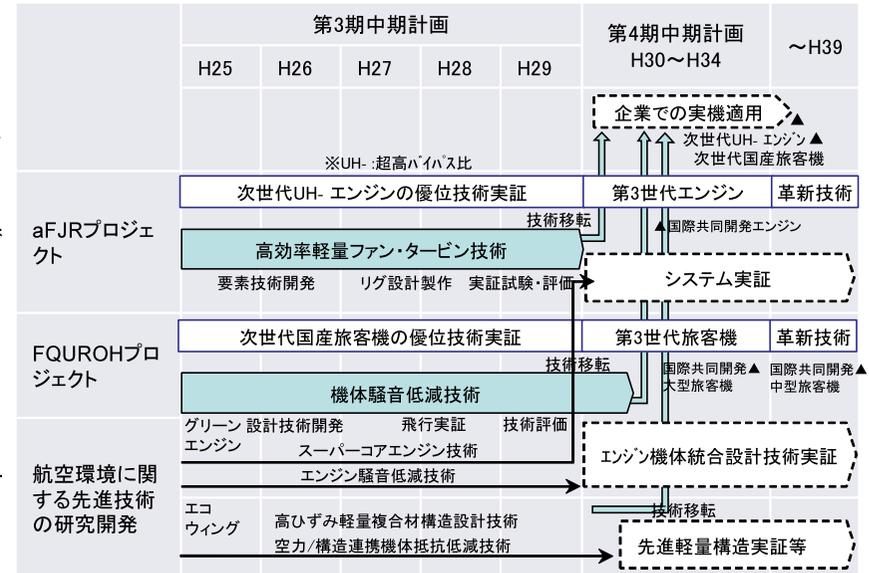
3. 研究開発の必要性等

航空機による旅客輸送量は、今後20年間で約2倍に増加すると見積もられ、それに呼応し航空機も約2倍の33,000機を超えると見られている。一方排出物に対する国際規制は強化される傾向にあり、CO2に関しては、IATA(国際航空輸送協会)では2050年までにCO2排出量を半減するという目標を掲げている。このような動向の中で、航空機の環境適合性能は航空機の市場価値を決めるものとなっており、環境負荷低減技術の獲得により国際的な競争力強化につながるものである。

また以下の国の施策に関連し、航空環境技術の研究開発は国として進める必要がある。

- ・経済財政運営と改革の基本方針2015について(骨太の方針):航空産業の振興
- ・第4期科学技術基本計画:グリーンイノベーションの推進、航空機の高効率化
- ・航空科学技術に関する研究開発の推進方策:環境負荷低減に資する研究開発
- ・戦略的次世代航空機研究開発ビジョン:「環境適合性」「経済性」の優位技術、ハインパクト技術
- ・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:我が国の航空産業の国際競争力強化に必要な機-及びエンジン技術

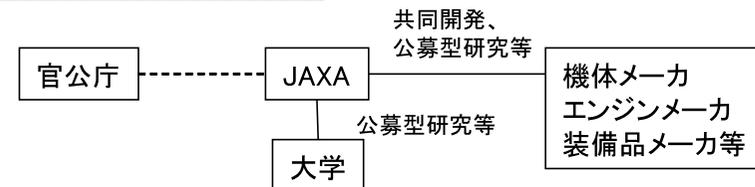
4. 研究開発のロードマップ



5. 予算の変遷(億円)

年度	H25	H26	H27	H28	H29	総額 (見込み)
- 算額	10.6	18.1	1-.-	(検討中)	(検討中)	(検討中)
(内訳) 運営費交付金	10.6	18.1	1-.-	(検討中)	(検討中)	(検討中)

6. 課題実施機関・体制



中間評価票

(平成27年6月現在)

1. 課題名 航空環境技術の研究開発

2. 評価結果

(1) 課題の進捗状況

「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期科学技術基本計画でされた「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CO2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CO2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(FQUR0H)プロジェクト、航空環境に関する先進技術(グリーンエンジン技術、エコウイング技術等)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いため、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、独創性、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 -0%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等との共同研究開発、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高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。

【- 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実させれば、- 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- 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- 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、F4UOH 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、F4UOH 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。
- ・ FQUR0H 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 FQUR0H 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 において一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（IHI）およ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。
- ・ FQUR0H 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 - 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。

【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、FQUR0H 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、FQUR0H 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】

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：ファンおよび低圧タービンの供試体を用いた実証試験を実施する。

・ FQUR0H 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 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：軽量化設計および低抵抗設計技術を構築した。
平成 27 年度：構造および空力の要素設計を行う。
平成 28 年度：構造要素供試体および空力風洞試験供試体を製作する。
平成 29 年度：軽量化設計およ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。

(2) 各観点の再評価と今後の研究開発の方向性

「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(2011 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(2011 年 2 月)において，新型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 の重量およ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 FQUR0H 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 エンジンの導入およ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、我が国で既の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。

FQUR0H 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。

(3) その他

