

# 事後自己点検票

(平成25年5月現在)

1. 課題名 クリーンエンジン技術の研究開発

2. 自己点検結果

(1) 課題の達成状況

「必要性」

我が国の航空機産業は要素技術においては世界的に高い評価を得ているものの、航空機のライフサイクル全てをカバーするには至っておらず、今後成長が見込まれる航空機産業の更なる発展のため、市場投入を目指した航空機用国産エンジン開発が産学官連携の下で進められている。一方、航空機のエンジン開発は、昨今の地球温暖化や航空機に対する国際的な環境規制の強化といった時代の流れの中で、安全性や経済性はもとより環境にも配慮することが要求されてきており、成功のためには、低NOx、低騒音、低CO2化等の技術により国際競争力のあるエンジンとする必要があり、これらを研究開発し技術を産業界へ移転していくことが求められている。

本研究開発は、JAXA が従来より行ってきた取組みに、産業界の取組みである(独)新エネルギー・産業技術研究開発機構(NEDO)の環境適応型小型航空機用エンジン研究開発(エコエンジンプロジェクト)の状況を踏まえ目標を共有し、近く強化される国際的な環境基準を満足しつつ国際競争力のあるエンジンを開発するための技術開発・支援を行っていくものであり、その必要性については、「経済財政改革の基本方針(骨太の方針)2008」(閣議決定)によりその推進が掲げられている「環境エネルギー技術革新計画」(総合科学技術会議)の「低燃費航空機(低騒音)」、「第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略(社会基盤分野)」(総合科学技術会議)における戦略重点科学技術「航空機・エンジンの全機インテグレーション技術」及び「航空科学技術に関する研究開発の推進方策について」(文部科学省 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会)における「航空機及びエンジンの全機インテグレーション技術の獲得に貢献する研究開発」にも示されている。

以上により、本研究開発は、国産エンジンの実現を目指す我が国の状況を踏まえ、かつ、国の方針に従って実施するものであり、必要性の観点から妥当である。

「有効性」

(イ) 目標・効果等

平成22年度までは、NEDO プロジェクトの目標と同じく、プロジェクト開始当時のICAO(国際民間航空機関)規制値に比べNOx排出量-50%、低騒音化-20dB(機体/エンジン統合)を実現する先進エンジン要素技術を開発するとともに、当時のエンジンに比べCO2排出量-10%を達成する目標が設定されている。さらに、平成24年度までの目標として、

NOx 排出量－80%、低騒音化－23dB（機体／エンジン統合）、CO2 排出量－15%を達成する目標が設定されている。

また、本研究開発で獲得される技術は、エネルギー、環境といった分野にも関連する重要技術であり、さらにはものづくり技術を主導することも期待されることから、大きな波及効果も見込まれる。

具体的には、各環境性能技術開発を下記のように分化し、各項目について機構内の四半期ごと、年度ごとの進捗評価に関する管理が行われた。

以上により、各研究開発についての具体的な目標が適切に管理され、研究開発の進捗状況が適切であったことから、有効性の観点からは妥当である。

## 「効率性」

### （イ）実施体制

環境適応型小型航空機用エンジンの研究開発（エコエンジンプロジェクト）参加企業・機関等と連携し研究開発を実施しており、本研究開発の方向性（スケジュール、実施項目、設備整備等）については、関連省庁と「民間航空機開発推進関係省庁協議会」により適切に調整を行っている。

その方向性の下、研究開発の民間側の実施主体である（株）IHI などと共同研究を実施し、高付加価値技術の移転、設計・開発支援を行った。

以上により、国産エンジンの開発メーカー、関係行政機関等との連携を適切に行った。

### （ロ）ロードマップ

「第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略（社会基盤分野）」に沿って、また、開発メーカーと連絡調整を行いつつ、エコエンジンプロジェクトのスケジュール変更を踏まえ、適切に成果が反映される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、組織的に管理した。

### （ハ）資金計画（戦略重点科学技術関連）

●平成16～24年度 63億円（うち、設備整備補助金10億円）

試験研究設備の整備にあたっては、優先度をつけて順次、整備を実施するとともに、極力、既存の設備を改修することにより、コスト低減と整備期間の短縮が実現された。

NEDOと民間開発メーカーにおいて、平成24年度までの間エコエンジンプロジェクトが実施された。この間、国産エンジン開発に関する官民の積極的な取組みに対し、JAXAは、先端技術の提供、施設整備等によって国産エンジン技術の研究開発を推進するとともに、独自の研究成果を上げた。

以上により、実施体制、ロードマップ及び資金計画について、関係機関との連携、国産エンジン開発に関する我が国全体のスケジュールを踏まえた設定・管理がなされており、効率性の観点から妥当である。

## 評価結果

必要性、有効性、効率性ともに妥当であり、適切な研究開発が設定されていた。それに基づき、(2)項に示す十分な成果が得られたことから、目標は達成されており、本研究開発は「終了」することが妥当であると判断する。

### (2) 成果

#### (i) 低 NO<sub>x</sub> 燃焼技術

平成 22 年度に NEDO のエコエンジンプロジェクトの目標（プロジェクト開始当時の NO<sub>x</sub> 規制 ICAO CAEP4 基準値の 50%減）を共有し、燃焼器、燃料ノズル、燃焼器評価の各要素技術の固有課題に取り組むとともに、その成果を企業と共同で環状燃焼器の試験開発技術を確立する事とした。平成 24 年度は、上記目標を上回る、プロジェクト開始当時の NO<sub>x</sub> 規制 ICAO CAEP4 基準値の 80%減を可能にする高付加価値燃焼技術を開発することを目標とした。

燃焼器技術については、平成 18 年度に開発した環状燃焼器について、エコエンジンプロジェクトの NO<sub>x</sub> 等の排出削減目標（ICA0 CAEP4 基準の 50%減）を上回る世界最高レベルの技術（62%減）を実証し、要素技術において所期の目標を達成した。平成 20 年度からは、更なる NO<sub>x</sub> 削減を目指して、JAXA 独自の技術である「2 段予混合燃焼システム」を開発し、セクター燃焼器試験で世界最高となる ICAO CAEP4 基準の 82.2%減の成果を得た。燃料ノズル技術、噴霧計測技術については、高圧場（最高 1.0MPa）で燃料噴霧の観察・計測を可能とする試験装置のほか、世界初となる噴霧構造解析装置（商品化）、噴霧計測システム、及び排煙濃度測定装置を開発した。

#### (ii) 低騒音化技術

平成 22 年度に NEDO のエコエンジンプロジェクトの目標（プロジェクト開始当時の騒音規制 ICAO Chapter4 基準値の 20dB 減）を満足するため、騒音抑制デバイス、ファン騒音予測、音響計測評価の各要素技術の固有課題に取り組むとともに、企業と共同で騒音抑制装置の開発・試作エンジンでの実証、エンジン周辺環境に対応する音響計測技術の開発、CFD 解析によるファン騒音予測技術の開発・評価によりエコエンジンプロジェクトに貢献した。本研究では、上記目標を上回る、ICA0 Chapter4 基準値の 23dB 減を可能とする技術を開発することを目標とした。

騒音抑制デバイスについてはメーカーと共同でノッチノズルを、JAXA 独自ではネイル形式を研究し、騒音低減効果としてエンジンバイパス比 6.6~6.8 において-23.1~-23.8dB を実証した。騒音評価技術については、音源探査として画像処理による位置検出法を実証し、通信距離・操作性を向上させた遠隔計測の試作器を完成させ、また音源の飛行効果を定量的に算定するため、実機搭載のエンジン排気計測、地上騒音試験、飛行騒音試験を実施し、ファン騒音予測も併せて目標エンジン搭載機体の飛行時騒音低減効果を予測するプログラムを開発した。ファン騒音予測技術の開発については、ファンから発生する騒音のエンジンダクト内伝播について CFD 数値解析の有効性を確認し、平成 20 年度からは、ファン動翼と静翼の干渉騒音の発生、ファンダクト内の伝播解析、エンジン外へ放出される騒

音の予測技術を確立し、静翼を周方向に傾けたリーン静翼の騒音低減効果を予測した。

### (iii) 低 CO<sub>2</sub> 技術

平成 22 年度に NEDO のエコエンジンプロジェクトの目標（プロジェクト開始当時のエンジン CO<sub>2</sub> 排出量レベルの 10%減）を満足する低 CO<sub>2</sub> 技術を開発するために、タービン冷却性能向上、材料適用評価、ファン・圧縮機効率向上、ナセル抵抗低減、エンジン制御の各要素技術の固有課題に取り組むとともに、企業と共同でタービン冷却構造の開発・性能評価、エンジン部品の実環境耐久性評価、回転要素作動特性評価技術の確立、ナセル統合解析技術の開発・評価を行った。平成 24 年度は、上記目標を上回る、プロジェクト開始当時のエンジン CO<sub>2</sub> 排出量レベルの 15%減を満足する低 CO<sub>2</sub> 技術を開発することを目標とした。

タービン冷却性能向上技術の開発については、平成 18 年度までに実施してきた複合冷却構造の研究を進展させ、製造可能性を考慮した形状についてメーカーと共同で試験研究を実施するとともに、流体・熱伝導連成解析について重合格子を利用するためのツールを開発し、多段傾斜インピンジメント方式による冷却促進技術などで 20%のタービン冷却空気流量の削減を可能にした。

材料適用評価技術の開発については、平成 18 年度に完成させた加熱冷却サイクル試験装置を使用してタービン翼用の耐熱超合金の試験、比較評価を実施し、さらに試験装置に引張応力を加える機能を追加し、応力下での単結晶材料の結晶構造の変化を解明した。軽量化のための圧縮機ケースの複合材化に関し、耐熱 FRP 製のモデル圧縮機ケースの成形性及び従来比 50%減の軽量化が可能であることを確認した。

ナセル抵抗低減技術については、ナセルに低騒音ミキサを取り付けた CFD 解析によりミキサの効果を確認し、またファン動翼からパイロンを含めたバイパスダクト全周流れ解析を実施し、パイロン形状の変更等により損失低減を行った。

エンジン制御技術の開発については、平成 20 年度からは実商用エンジンへの適用を目指し、既存の国産エンジンでの実証を行い、モデルベース制御、他変数制御、性能最適化制御を実現した。また独自にエンジン設計・解析ツール AVJE(Advanced Virtual Jet)を開発し、本研究開発における低 NO<sub>x</sub>、低騒音、低 CO<sub>2</sub> の目標値を同時に満足することを確認した。

ファンの高負荷化技術の開発については、ファンの性能向上のため、従来より枚数が少なく回転数の低い、空力的負荷の高いファンを設計し、回転翼列試験設備で圧力比と効率を従来レベルに保ち、流量を 4.5%増加させることに成功した。

標記要素研究の実績を踏まえた CO<sub>2</sub> 排出量は-17.1%となり、-15%の削減目標を満足した。

### (iv) 試験設備

国産エンジン開発のための試験設備の整備および供用を行った。

- (a) 高温高圧燃焼試験設備の整備(平成 16-17 年度)
- (b) 環状燃焼器試験設備の整備(平成 17-18 年度) (設備整備補助金)
- (c) 地上エンジン運転試験設備の整備(平成 18-19 年度)
- (d) 回転要素試験設備の整備(平成 19-20 年度)
- (e) 実エンジン環境材料評価試験設備の整備(平成 20-21 年度)

波及効果としては、研究開発期間中に開始された、小型旅客機用エンジンの国際共同開発に関連し、新形式のギヤードファン低圧系の流れ解析の実施、さらに将来の性能向上の鍵となる複合材製ファン動翼の回転翼列試験を企業とともに実施した。

### (3) 今後の展望

燃料費の高騰と世界的な環境保護への関心は高く、研究期間中にも、ICAOの排気ガス規制、騒音規制は強化されている。さらに、地球温暖化防止のため巡航中のCO2排出量の規制、排気中の粒子状物質の規制が加わる見通しである。市場では、小型航空機用エンジンにとどまらず、多くの新エンジンの開発、改良が活発に行われており、わが国がエンジン国際共同開発で重要な地位を保持し、伸長させるためにも、本研究開発で培われた技術は、さらに磨きをかけて個別の開発案件に適用されていくとともに、世界的に優位性のある技術として発展していくことが予想される。

独法の事務・事業の見直しの基本方針(H22年12月閣議決定)において、JAXAの航空機技術開発事業は、安全・環境に重点化されることとなり、第4期科学技術基本計画(H23年8月閣議決定)においても高効率輸送機器(航空機等)の開発推進が示されている。今後は、低圧系に関して、ファン、タービンの複合材化が必須の技術となるとともに、低燃費、低騒音化のため、小型エンジンに対しても超高バイパス比の要求が高まるものと予想され、小型で高温高圧のコアエンジン技術、エンジン低騒音化の研究開発が求められている。

### 航空科学技術委員コメント欄

※自己点検票の内容に対するご意見をご記入下さい。

※自己点検票本文に修正・追記・削除して頂いても結構です。