

経済産業省  
航空機・宇宙産業イノベーションプログラム

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)  
事後評価分科会 説明資料  
—プロジェクトの概要説明資料—  
(公開)

内容

- 第1章：事業の位置付け・必要性について
- 第2章：研究開発マネジメントについて
- 第3章：研究開発成果
- 第4章：実用化・事業化に向けての見通し  
及び取り組みについて

1/25

公開

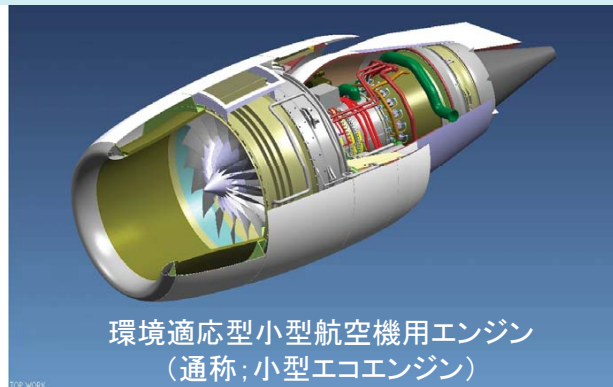
- 第1章：事業の位置付け・必要性について
- 第2章：研究開発マネジメントについて
- 第3章：研究開発成果について
- 第4章：実用化・事業化に向けての見通し  
及び取り組みについて

2/25

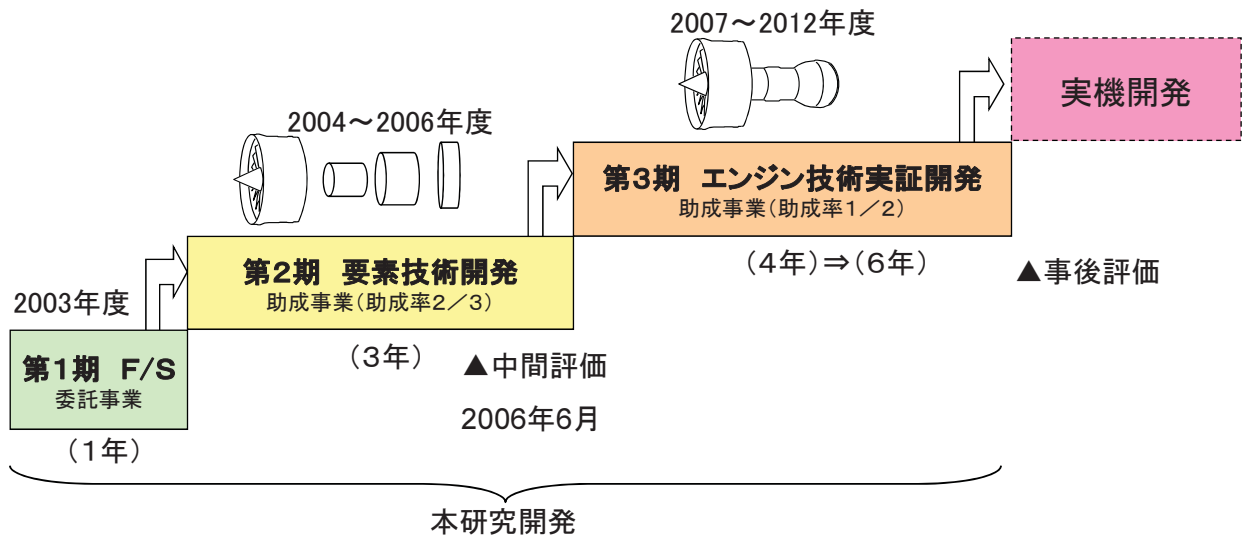
- 世界の航空需要は今後順調な伸びの予想。エアライン競争激化により、エンジンには今後もより厳しい高性能化・低コスト化への要求
- さらに、社会的要請として省エネルギー／環境適合性への対応が必須
- これまでの国際共同開発経験等をベースに、我が国主導の完成機開発が見込める小型航空機分野(50席機クラス)の研究開発



本研究開発は、次世代の「環境に優しく高性能。低コスト」の小型航空機用エンジンの実用化を目指し、その実現に要する個別要素技術と高度なシステムインテグレーション技術の確立を行うものである



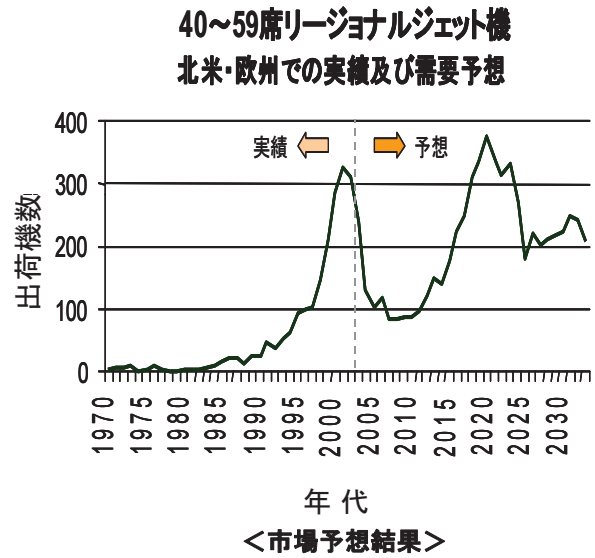
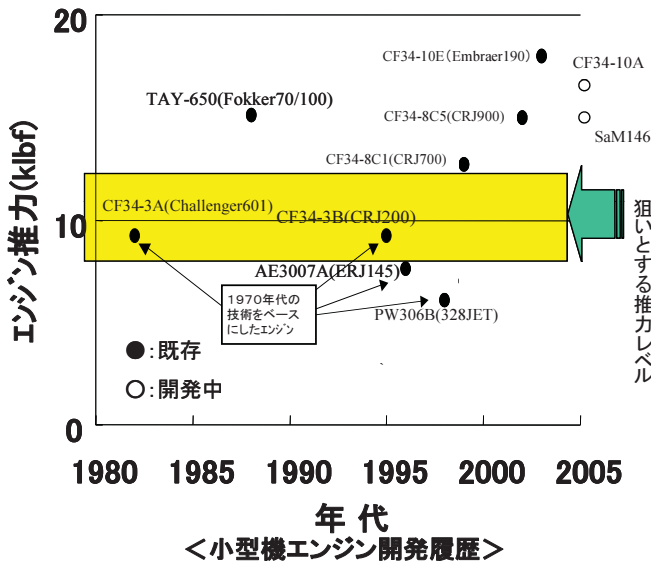
- 本研究開発は全体10年間、3つのフェーズで構成。
- 原課は、経済産業省  
製造産業局 航空機武器宇宙産業課、ならびに産業技術環境局 研究開発課



研究開発の概要 — 目標とする小型航空機用エンジン —

公開

- 100席以下のリージョナル・ジェット機需要は、今後20年間で現在の約3倍に増加。その中で、50席機需要は今後も堅調に推移する見込み
- 既存50席機用エンジンは、競合機種が少なく、かつ1990年代の旧型エンジンで構成
- 代替需要を含めて、2010年代半ば以降、世界で2000機以上の需要が期待



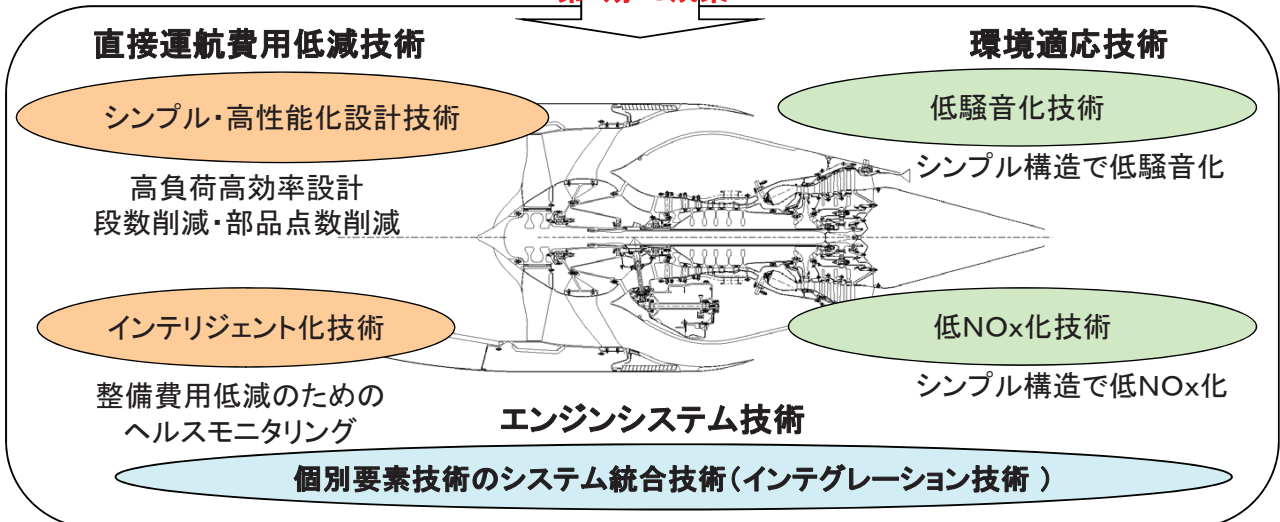
〈将来的に着実な市場の見込める次世代50席機用エンジンを目標に研究開発〉

研究開発の概要 — 主要研究開発テーマ —

公開

<p><b>市場ニーズ</b></p> <p>エアライン競争激化に伴う、エンジン高性能化・低コスト化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・低燃費化</li> <li>・低取得費化</li> <li>・低整備費化</li> </ul> <p>直接運航費用低減</p>	<p><b>社会ニーズ</b></p> <p>厳格化する国際航空環境基準への対応</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・NOx排出物規制</li> <li>・空港騒音規制</li> </ul> <p>省エネ・地球温暖化対策への対応</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高効率化/CO<sub>2</sub>排出削減</li> </ul>
--	---

第1期FS成果




## NEDOが関与する意義

以下の観点より、NEDOの関与が必要

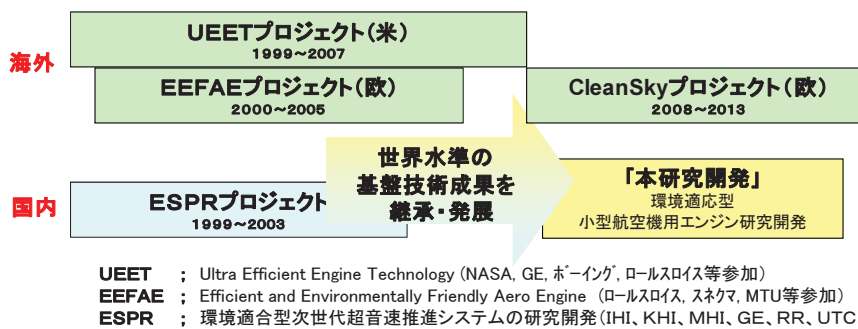
- (1) 開発費が膨大かつ投資回収期間が極めて長いという、航空機用エンジン事業の特有の「事業リスク」を伴う。10年先の市場投入に向けた技術開発である
- (2) これに加え、競争力強化に向けた数々の技術的挑戦を伴うため、民間企業では抱えきれない大きな開発リスクを伴う
  - ・経済性と環境適応性を両立して向上させる革新的要素技術の確立
  - ・完成機開発能力の獲得を目指す、高度なインテグレーション技術の確立
- (3) 成果は極めて広範囲な産業分野に波及可能であり、我が国の産業技術の発展が期待できるとともに航空機用エンジンの熱効率を大幅に改善し、国策である石油消費量削減ならびに地球温暖化対策に貢献する

## 実施の効果

- (1) 市場性と省エネルギー効果
  - ・代替需要を含め、2010年代半ば以降の20年間で約2000機、約5000億円の市場（50席クラス機の市場の50%獲得を想定）
  - ・中大型機用、派生型機用エンジンへの技術波及が可能で、市場性はさらに増加
  - ・省エネルギー効果は、原油換算で年間11万kl(@2024年)～38万kl(@2034年)
- (2) 我が国の航空機用エンジン産業の発展
  - ・本研究開発では、世界に先駆けて小型航空機用エンジンの市場ニーズを調査し、競争力ある要素技術、インテグレーション技術を開発
  - ・所期の成果を収めることにより、民間機用エンジン国際共同開発における我が国の高付加価値部位への参画機会・シェアの一層の拡大、さらに、現在欧米大手だけが実現のエンジンインテグレータへのステップアップ
- (3) 周辺産業分野への技術波及
  - ・産業用ガスタービンエンジンへの直接的な技術波及が可能
  - ・環境適合技術は、産業プラントの低騒音/低公害化に寄与

事業の背景および国内外の研究開発の動向

- 昨今の民間機用エンジン国際共同開発における我が国の高度部位への参画とシェア拡大。また、これまでの開発経験の蓄積により、我が国が完成機開発能力を獲得する段階の到来
- 新しい技術を適用した次世代エンジンの開発により、2010年代半ば以降に立ち上がる50席機エンジン市場獲得の可能性
- 国際民間航空機関(ICA0)では、世界の民間航空に対して、NO<sub>x</sub>排出については2004年から、空港騒音については2006年から、それぞれ従来より厳しい新基準値を適用。今後も基準は強化される予想。また、地球温暖化対策としても重要
- 欧米において、環境適合技術を重点にエンジン研究開発プロジェクトが推進されている。国内では、ESPRプロジェクトが2003年度に終了。成果を本研究開発へ継承



事業の目的・位置付け

目的

小型航空機用エンジン実用化に向け、競争力を有する差別化要素技術とそのインテグレーション技術の構築を図るべく、以下の目的を設定 (基本計画抜粋)

従来の航空機用エンジン技術の延長線上から飛躍的に進んだ技術を適用することにより、エネルギー使用効率を大幅に向上し、かつ低コストで環境対策に優れた次世代小型航空機用エンジンの実用化に向けた技術を開発する

政策的位置付け

本研究開発は、我が国航空機産業の基盤技術力の強化を目標とした、経済産業省「航空機・宇宙産業イノベーションプログラム」のもとに実施

- 総合科学技術会議「科学技術基本計画一分野別推進戦略」の「社会基盤分野」における 戦略重点科学技術「新需要対応航空機国産技術」の位置付け
- 「地球温暖化対策推進大綱」の「航空のエネルギー消費効率向上」と、このための「新技術の開発の推進」に貢献
- 「技術マップ2010」の「エンジン要素技術」および「全機開発技術」の位置付け



I. 事業の位置付け・必要性について (1) NEDOの事業としての妥当性

航空機・宇宙産業イノベーションプログラムでの位置付け

目的

今後、市場規模の拡大が見込まれるとともに、その先端的な部品、材料、システム技術の波及効果を通じて我が国製造業全体の高度化をもたらす、また安全保障上の重要な基盤である航空機産業に関連する技術開発を積極的に推進する。

達成目標

大きな技術波及効果によって環境をはじめ、情報、材料等の分野に高付加価値を生み出す航空機関連技術について、材料・構造・システム関連等の中核的要素技術力を一層強化・保持するとともに、機体及びエンジンの完成機関連技術を強化する。

研究開発内容

【プロジェクト】

1. 航空機関連

(広く産業技術を対象とした研究開発であって航空機関連技術にも裨益するものを含む)

(7) 環境適応型小型航空機用エンジン研究開発(運営費交付金)

①概要

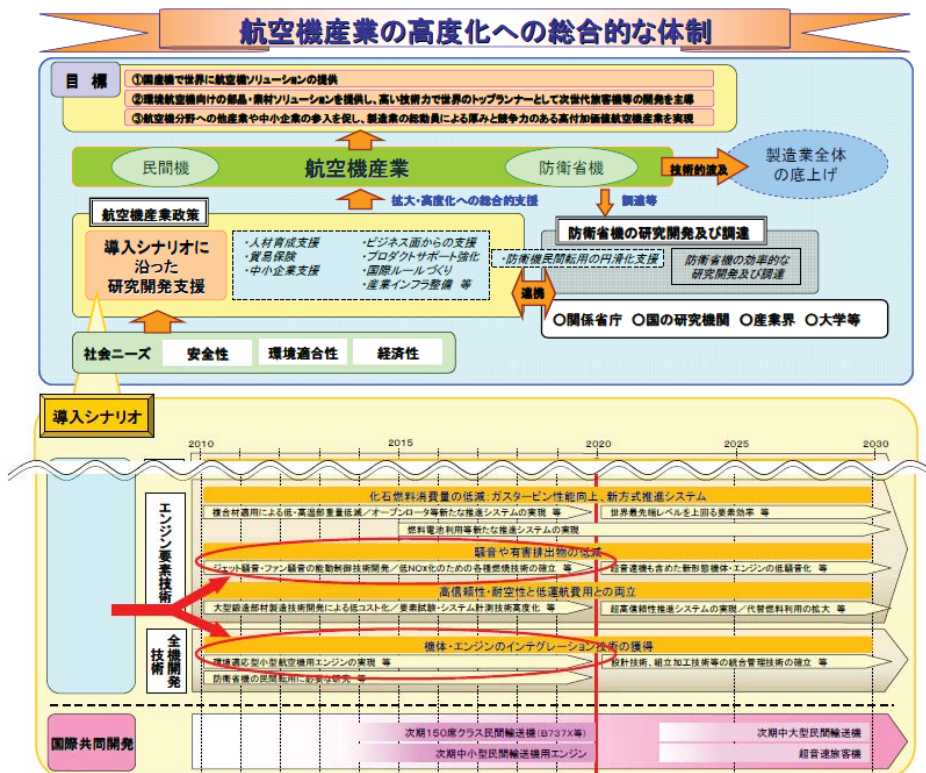
エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、エネルギー使用効率を大幅に向上し、環境対策にも優れた次世代の小型航空機用エンジンの開発にとって重要な要素技術の研究開発を行う。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、エネルギー使用効率を大幅に向上する構造設計技術、騒音、NOx等の環境負荷対応に優れた環境対策技術、インテグレーション技術、高バイパス比化等の高性能化技術といった要素技術の研究開発・実証を行う。

I. 事業の位置付け・必要性について (1) NEDOの事業としての妥当性

技術戦略マップ(航空機分野)上の位置付け



航空機分野の導入シナリオ(技術戦略マップ2010、経済産業省HPより)

- 第1章 : 事業の位置付け・必要性について
- 第2章 : 研究開発マネジメントについて
- 第3章 : 研究開発成果について
- 第4章 : 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

2. 研究開発マネジメントについて (1) 研究開発目標の妥当性

事業の目標

全体目標

2012年度(平成24年度)までに、

- ①エネルギー使用効率を大幅に向上する構造設計技術(シンプル化技術)
- ②騒音、NOx等の環境負荷対応に優れた環境対策技術
- ③予知的ヘルスマonitoring等のインテリジェント化技術
- ④高効率要素設計技術等の高性能化技術といった要素技術を開発するとともに、それらを取り入れた小型航空機用エンジンの全機インテグレーションを目指す

各期の目標

<p>第1期</p> <p>エンジンシステムの概念・仕様、技術課題・目標、技術開発計画の設定</p>	<p>第2期</p> <p>要素技術の確立。エンジン仕様目標値を満足することが見込める目標エンジンの基本設計の完了</p>	<p>第3期</p> <p>コアエンジン要素技術実証のための試作試験及び目標エンジンのインテグレーション設計等の実施による目標値達成の見通しを得る</p>
--	---	---

本分科会で評価いただく範囲

エンジン仕様目標値

・直接運航費用の低減(エンジン寄与分)

現在運航されている同クラス小型航空機用エンジンと比較して、エンジン寄与分の直接運航費用を15%低減可能なエンジン仕様であること

・環境適応性の向上

ICAO規制値(2006年適用)に対して、-20dBの低騒音化

ICAO規制値(2004年適用)に対して、-50%の低NOx化

2. 研究開発マネジメントについて (1) 研究開発目標の妥当性

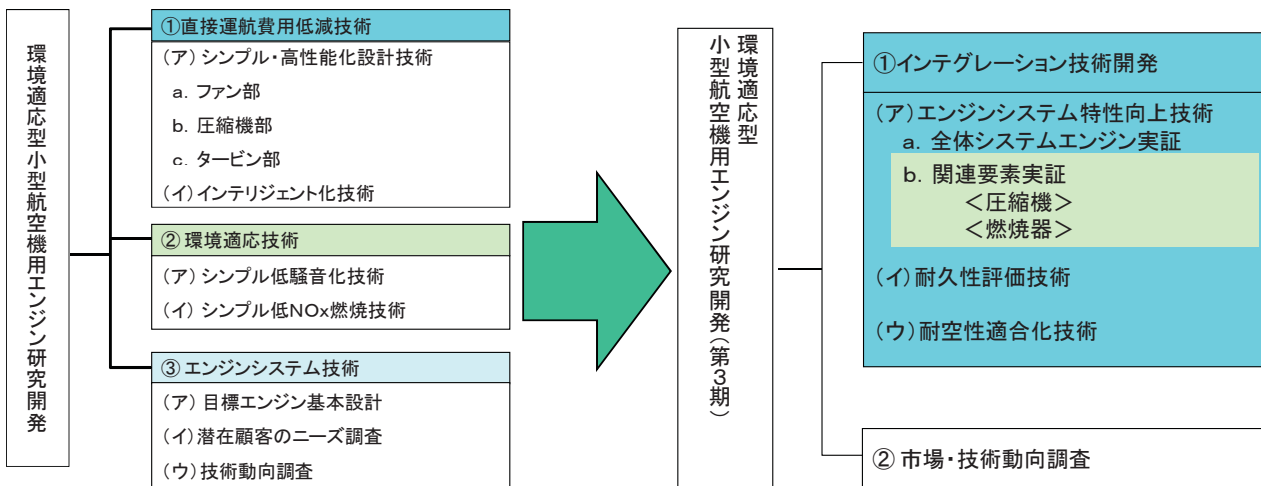
目標設定と根拠

	研究開発目標	設定根拠
(1) 直接運航費用の低減	運航されている同クラス小型航空機用エンジンと比較して、エンジン寄与分の直接運航費用を15%低減	<p>直接運航費用は年0.5%低下傾向 10年後の市場投入時には現行機種の10%低減が必要 →競争力確保のため5%上積みし、<b>15%低減を目標</b></p>
(2) 環境適応性の向上	ICAO規制値(2006年適用)に対して、 <b>-20dBの低騒音化</b>	<p>ICAOの騒音規制はこの10年で10dB強化され、今後も規制が強化されていくと予想 運航開始時に十分なマージンを有し、低コスト化要求を満足すると同時に、現状他機種の最高レベルを上回る目標を設定</p>
	ICAO規制値(2004年適用)に対して、 <b>-50%の低NOx化</b>	<p>ICAOのNOxのICAO規制値が10年で20%の割合で強化されている 運航開始時に十分なマージンを有し、低コスト化要求を満足すると同時に、現状他機種の最高レベルを上回る目標を設定</p>

2. 研究開発マネジメントについて (1) 研究開発目標の妥当性

研究開発の内容(研究開発体系)

第2期の要素研究開発成果を基に、第3期ではインテグレーション技術の獲得に注力  
要素実証については、情勢変化に対応し、圧縮機及び燃焼器に絞り込み



第2期 研究開発体系

第3期 研究開発体系



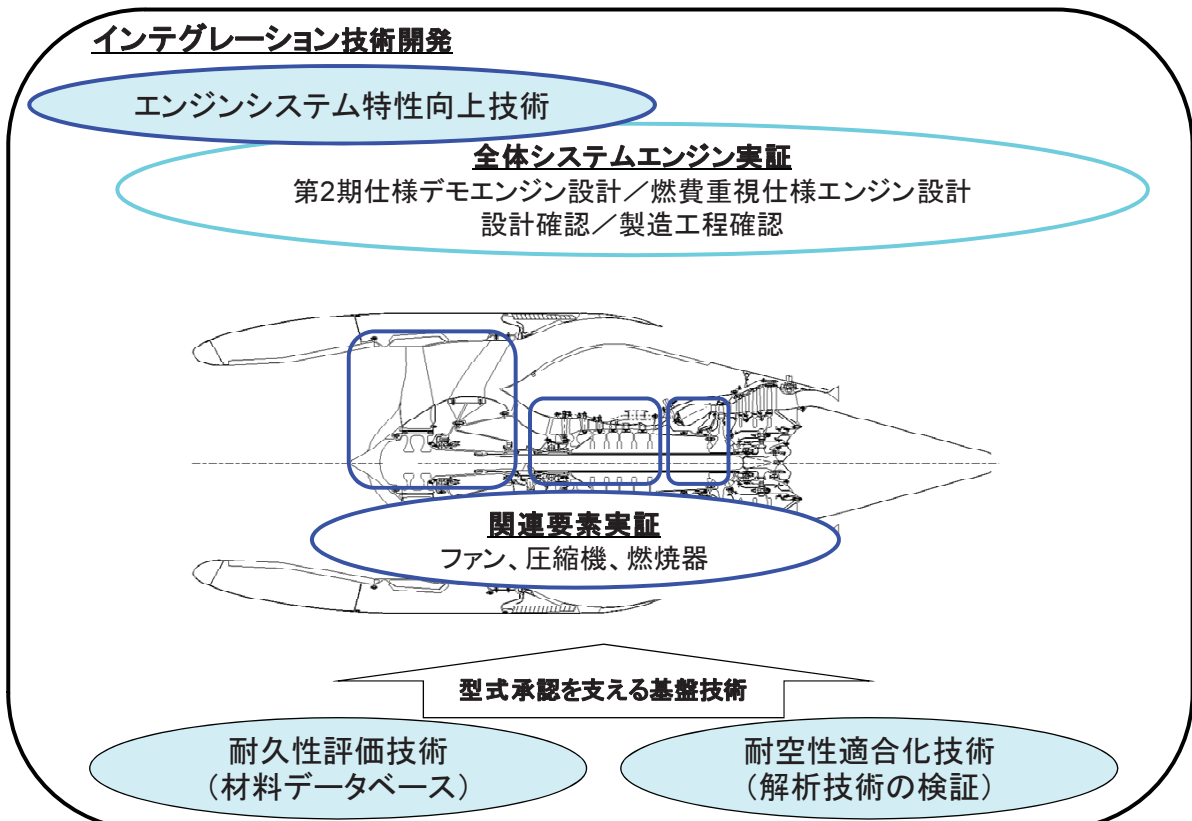
研究開発計画および開発費

第3期は、1/2助成で研究開発を実施。(第1期:委託、第2期:2/3助成)

実施内容	年度		2007	2008	2009	2010	2011	2012	備考
	2003	2004 ~ 2006							
第1期 ・フィービリティスタディー	←→								2007.3月:中間評価結果等の指摘反映及び第3期研究開発計画を変更 2010.3月:NEDO技術委員会の議論を反映し、第3期技術開発内容・目標・期間等を変更
第2期 ・直接運航費用低減技術 ・環境適応技術 ・エンジンシステム技術		←→							2011.12月:東日本大震災の影響により第3期研究開発期間を変更
第3期 インテグレーション技術開発 ・エンジンシステム特性向上技術 ・耐久性評価技術 ・耐空性適合化技術		▼	←→	←→	←→	←→	←→	←→	
市場・技術動向調査 ・市場動向調査 ・技術動向調査			←→	←→	←→	←→	←→	←→	
期毎総事業費(百万円)	240	7,271	9,130						16,642
助成費実績(百万円)	240	4,847	1,960	579	648	613	565	200	9,652
期毎助成費(百万円)	240	4,847	4,565						9,652

(NEDO研究管理費は除く。)

研究開発の内容 - 第3期研究開発 -



## 2. 研究開発マネジメントについて (3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

### 研究開発の実施体制 —事業者の研究開発の分担—

- エンジン用燃焼器は第2期終了時急速混合形態が選定されたが、中間評価コメントを受けて、部分希薄及び部分過濃形態についても、総合評価用燃焼器として、研究継続

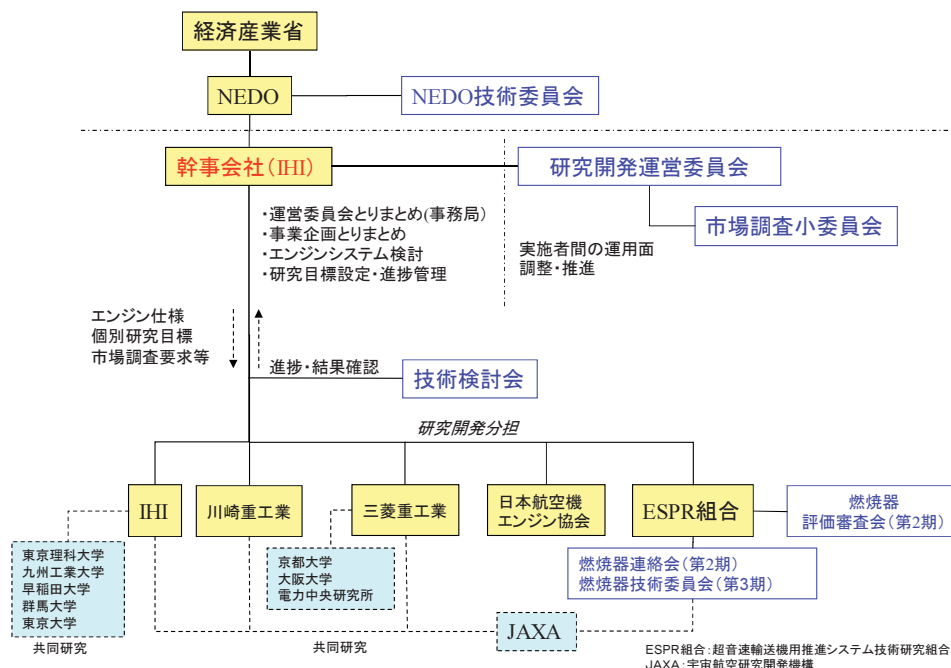
第3期研究開発項目	実施者					共同研究者	
	IHI	KHI	MHI	JAEC	ESPR組合	JAXA	大学等
インテグレーション技術開発							
エンジンシステム特性向上技術							
全体システムエンジン実証	○					○	○
関連要素実証							
ファン	○					○	
圧縮機	○					○	○
燃焼器							
エンジン用	○急速混合				○	○	○
総合評価用		○部分希薄	○部分過濃		○総合評価	○試験	○
耐久性評価技術	○						
耐空性適合化技術	○						
市場・技術動向調査							
市場動向調査	○			○			
技術動向調査					○		

大学共同研究先：東京大学、早稲田大学、群馬大学、京都大学、大阪大学、九州工業大学

## 2. 研究開発マネジメントについて (3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

### 研究開発の運営管理体制 — NEDOの役割 —

- 外部有識者で構成されるNEDO技術委員会を運営し、市場・技術動向および研究開発の進捗状況に応じた課題を抽出。外部有識者の意見を踏まえ、柔軟に基本計画及び実施方針の見直し、および、開発成果創出促進制度の活用を判断
- 事業化能力を有する株式会社IHIを幹事会社に選定し、実用化を睨んだプロジェクト運営を実施



## 研究の運営管理

実施体制内に以下の委員会を設置し、有識者による研究開発の進捗状況・成果の審査や実施者間の研究調整をきめ細かく実施

No.	会議名称	担当	開催頻度	実施内容
1	NEDO技術委員会	NEDO	1回/年	外部有識者による、研究開発の重要事項(研究開発計画、進捗状況、成果等)の審議、助言
2	研究開発運営委員会	IHI (幹事会社)	2~3回/年	実施者間の運用面の調整
3	市場調査小委員会	IHI (幹事会社)	2回/年	市場性に関わる事項についての調整
4	技術検討会(第2期)	IHI (幹事会社)	1回/3ヶ月	研究進捗状況の確認、調整
5	燃焼器連絡会(第2期) 燃焼器技術委員会(第3期)	ESPR組合	毎月 1回/3ヶ月	燃焼器評価試験に関わる事項についての調整 有識者による燃焼器試験結果の技術的レビュー
6	燃焼器評価審査会(第2期)	ESPR組合	随時	有識者による燃焼器試験結果の技術的レビュー

その他、NEDOによる四半期ごとの進捗フォローを実施

## 実用化、事業化に向けたマネジメント

開発技術の実用化 = 当該研究開発に係る試作品(デモエンジン)を作製すること

=成果の実用化戦略=

- 市場・技術動向および研究開発の進捗状況に応じた課題を抽出。外部有識者の意見を踏まえ、柔軟に基本計画及び実施方針の見直し、および、開発成果創出促進制度の活用を判断し、運営した。
  - ・燃料高沸に対応するために、計画変更を判断し、エンジンを試作するために優先度の高いコアエンジン要素実証(具体的には、圧縮機および燃焼器)およびシステムインテグレーション技術に焦点を絞り研究開発を推進
  - ・実用化に向けて、優先度の高い圧縮機、燃焼器および低コスト化に貢献する研究に対しては、実施内容を精査の上、開発成果創出促進制度(旧:加速財源)を活用

=知財マネジメント=

- 国際舞台で差別化できる技術については、早期の特許化に留意した。但し、製造プロセス等の秘匿化が必要な技術については特許化しないものとした。
- 知財戦略とバランスさせながら、成果発表、論文発表を実施した。

中間評価結果への対応

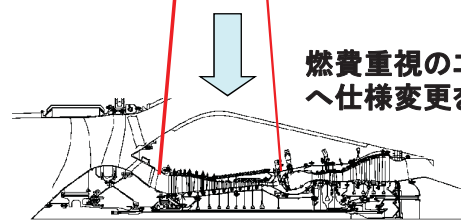
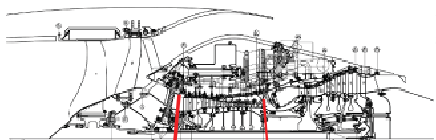
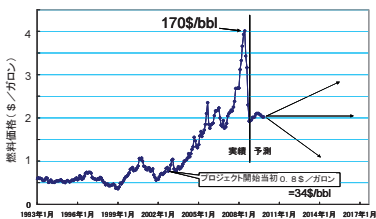
「テーマの一部を加速」、「計画を一部変更し実施」との評価。下記は、主な指摘事項に対する対応。

主要指摘事項	対応(下線部は、「加速」に係る記述)
<ul style="list-style-type: none"> <li>市場調査、エアラインとのクロストークは頻繁に行い、市場に受け入れられる製品開発に努めて欲しい。</li> <li>将来の航空機用燃料の動向を念頭に置きつつエンジン開発をしていくことが望ましい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第3期研究開発においても、技術動向調査、市場調査を密に行った。特にエアラインとのクロストークでは、詳細設計フェーズにおける整備性向上に向けた情報交換を実施した。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>必要に応じ、目標設定、開発ターゲット、開発スケジュールについては、柔軟に対応することが必要。</li> <li>現時点で計画能力以上を設計の中に織り込む必要性は無いと考えるが、将来的には推力増大への対応を望む。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術動向調査や市場調査により、外部環境動向の把握に努め、必要に応じ、目標設定、開発ターゲット、開発スケジュールについては、柔軟に対応した。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>日本独自材料としての先進単結晶材タービン翼製造技術、耐熱コーティング技術、LFW接合技術等の基礎技術を、関係研究機関の協力を得て、効率的に開発、検証することが必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>先進単結晶材タービン翼製造技術、耐熱コーティング技術、LFW接合技術等の基礎技術については、例えば、単結晶材については、NIMSと共同研究し、<u>加速によりJAXAへ実機環境下での耐熱材料評価手法の確立を要請する等、適切な体制の下、実施した。</u>研究開発期間中は、適切な関係機関(JAXA及び大学)の協力を得て効率化を図る努力を継続した。その他、<u>ナノ部成果であるレーザーCVDを用いた低コスト・サーマルバリアコーティング技術の適用見極めを加速により検討を行い、関係推進部との連携も積極的に行った。</u></li> </ul>

第3期主要研究開発内容の変更

外部環境の変化

燃料価格高騰、環境対応意識の高まりにより燃費重視に変化



燃費重視のエンジンへ仕様変更を実施

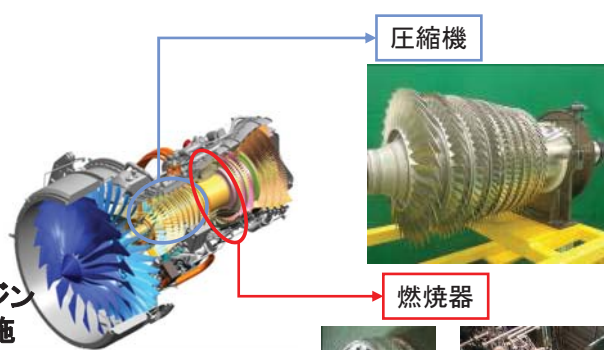
- ・圧縮機圧力比をアップして更なる低燃費化
- ・高圧力化で厳しくなる低NOx化技術の更なる向上

基本計画変更

研究開発内容の変更

圧縮機、燃焼器のコアエンジン要素の技術開発に注力

⇒日本独自の技術を適用し、軸流圧縮機として、世界トップレベルの高圧力比化、Nox低減を両立しつつ、低コスト化に貢献



アニュラ燃焼器

JAXA燃焼器試験設備

## 2. 研究開発マネジメントについて 2(5) 情勢変化への対応等

## 開発成果創出促進制度(旧:加速財源)の活用

課題	対応	成果
低燃費重視仕様の高圧力比化により、第2期の燃焼器入口条件よりもNOx低減の条件が厳しくなる。このため、目標を変更せずに低NOx性能を実現させるための条件把握が課題	低燃費重視仕様の高圧力比化への対応と低NOx性能を両立させるため、第2期で開発した日本独自の急速混合燃焼器のスワロー部と燃焼器の希釈空気投入方法のチューニングに関する試験を実施し、高圧力条件下での設計データを取得した (件名:高圧力比化対応急速混合燃焼器の成立性評価)	燃費重視仕様条件で、シングルセクタ、マルチセクタの高圧燃焼試験を実施し、NOx排出特性に関するデータを取得。燃費重視仕様下においても低NOx目標値達成に目途をつけ、最終的には、要素実証試験による目標達成に貢献
低燃費重視仕様の高圧力比化させるため、高圧圧縮機の段数を増す必要がある。この結果、高圧圧縮機の後段の翼高が更に低くなり、圧縮機ケースと動翼のクリアランスの影響をより受けるため、高圧力比化に対応したディフューザパッセージ動翼のクリアランスの影響把握が課題	高圧圧縮機の後段に適用するディフューザパッセージ動翼(特許申請)のクリアランスの影響を部分段リグにより確認した (件名:低燃費化対応高圧圧縮機の性能比較データ取得、評価)	燃費重視仕様エンジンの9段圧縮機のTRL5試験へ向けて、後段2段に適用のディフューザパッセージ動翼のクリアランスに対する有効性を確認し、高圧力比化高圧圧縮機の安定作動に寄与
低燃費重視仕様の高圧力比化による、高圧圧縮機の段数増等、直接運航費用削減のためには、更なるコスト削減が必要がある。 従来の機械加工は、高価な材料を切粉として廃却、高精度が求められるため、加工時間がかかるため、新たな製造技術の開発が課題	低コスト製造技術として、金属射出成型技術について、静翼を対象に試作を行い、適用性を評価した (件名:圧縮機低コスト化製造技術の評価)	圧縮機静翼へ適用し、金属射出成型に成功。低コスト製造技術としての有効性を確認し、最終的には、ボルト形状を含む複雑な可変静翼の試作に成功