

環境適応型  
小型航空機用エンジン研究開発  
(平成24年度補助事業)  
の概要について

平成27年3月26日

製造産業局航空機武器宇宙産業課

株式会社IHI

川崎重工業株式会社

三菱重工業株式会社

# 目次

1. プロジェクトの概要
2. 目的・政策的位置付け
3. 目標
4. 成果、目標の達成度
5. 事業化、波及効果
6. 研究開発マネジメント・体制等
7. 中間評価結果

# 1. プロジェクトの概要

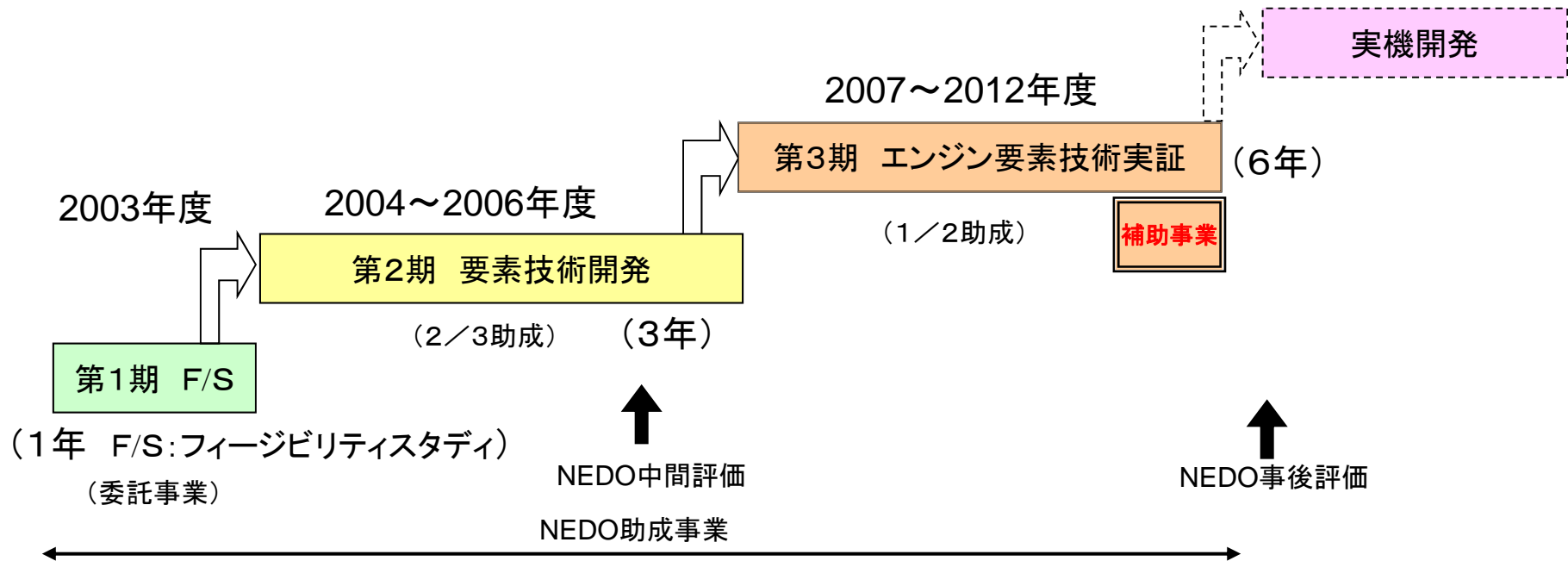
概要	次世代の「環境に優しく高性能、低コスト」の小型航空機用エンジンの実用化を目指し、その実現に必要な差別化技術確立し、エンジン全機インテグレーション技術の高度化を図る
実施期間	平成24年度（1年間）
予算総額	0.99億円（補助（補助率：1/2））
実施者	株式会社IHI 川崎重工業株式会社 三菱重工業株式会社

## 2. プロジェクトの目的・政策的位置付け

### ＜プロジェクトの目的＞

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も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。

差別化技術確立し、エンジンの全機インテグレーション技術の高度化を果たすことで、わが国が将来の民間エンジン開発の分野にて主導的な立場を確保し、より一層の国際的競争力を得ることを目指す。



## 2. プロジェクトの目的・政策的位置付け

### ＜政策的位置づけ＞

本研究開発は、経済産業省の「航空機・宇宙産業イノベーションプログラム」のもとで実施され、以下の施策に位置づけられている。

#### ○第3期科学技術基本計画(2006年3月閣議決定)

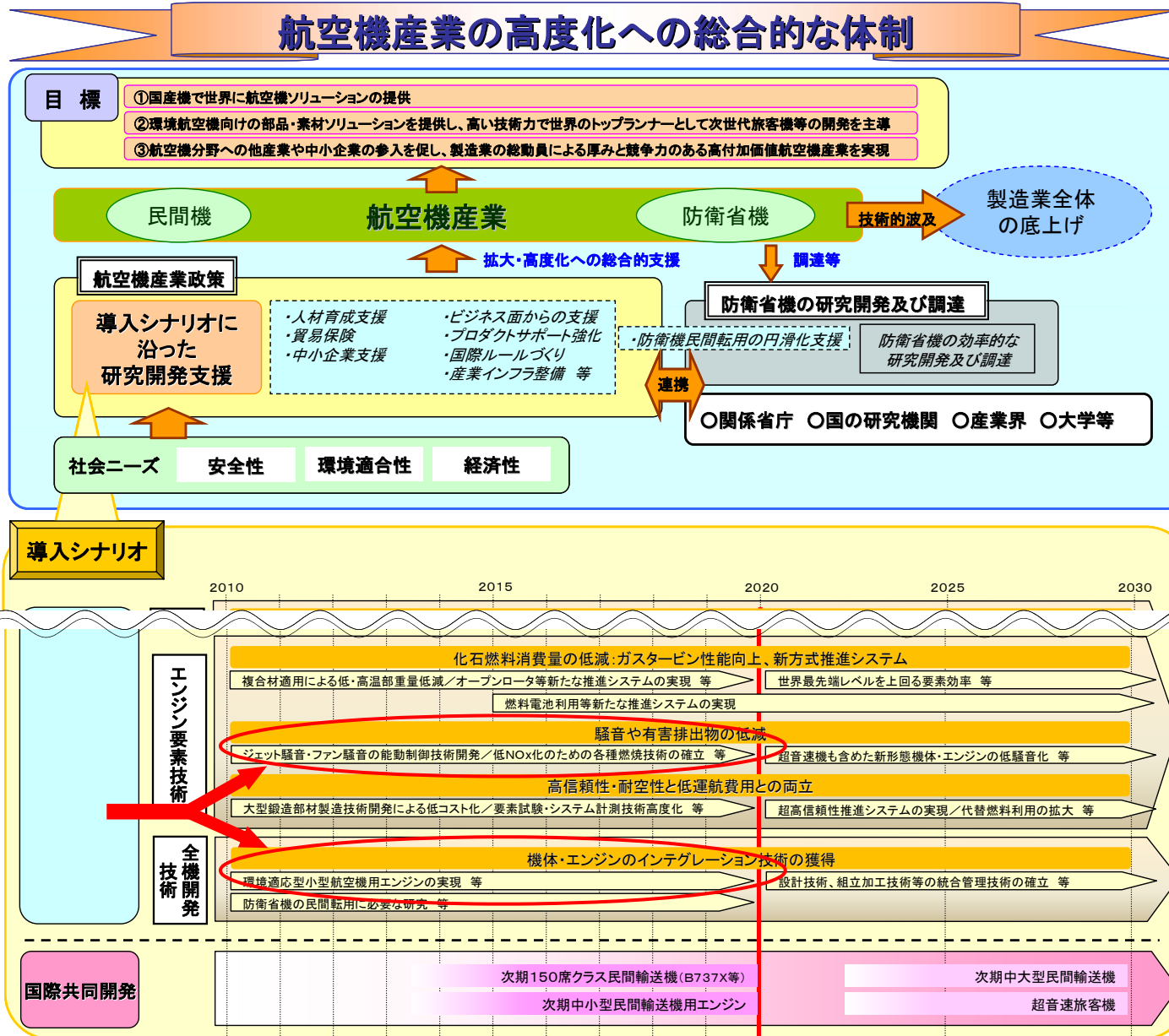
本研究開発は、分野別推進戦略では、「特に、我が国主導で航空機およびエンジンをインテグレーションできる技術を向上させるとともに、中長期的に技術を育成するための課題に取り組む必要がある」とし、戦略重点科学技術に指定されている。

#### ○新経済成長戦略改訂版(2008年9月閣議決定)

よりエネルギー消費の少ない輸送システムを実現するため、次世代航空機を含む省エネルギー型交通機関の普及・開発加速等を推進することとされている。また、「環境エネルギー技術革新計画」(2008年5月総合科学技術会議決定)及び「Cool Earth - エネルギー技術革新計画」の実現に向け、低燃費・低騒音航空機を含む革新的技術の開発を適切に推進することとされている。

経済産業省の航空機分野の技術戦略マップの中で、我が国主導の民間機開発の実現として、国際共同開発における役割向上にとどまらず、必要な技術的優位性を確保する等を通じ、我が国が50%以上の役割分担を担うエンジンの開発を進めることとされている。この目指すべき方向性のもと定められた「航空機分野の導入シナリオ」に本研究開発は適切に位置付けられている。(次頁参照)

# 2. プロジェクトの目的・政策的な位置付け



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)

### 3. 目標

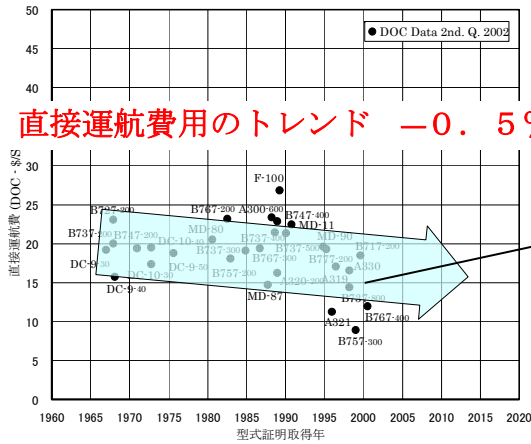
エネルギー使用効率を大幅に向上し、かつ**低コスト**で環境対策にも優れた次世代小型航空機用エンジンの実用化に向けた技術開発、並びに、**エンジンの完成機開発能力の獲得**を目的とする。

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
直接運航費用*の低減 要素効率向上 <b>低コスト化</b> 整備性向上	既存エンジンと比較して、エンジン寄与分の <b>直接運航費用を15%低減</b>	既存エンジンが10年前に開発され、本エンジンの市場投入を10年後と想定すると、直接運航費用は毎年0.5%低減するトレンドから <b>10%低減</b> (20年相当)が必要となり、それに <b>5%低減を上積み</b> して設定
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>  ICAO規制値(2004年適用)に対して、 <b>-50%の低NOx化</b>  注)ICAO:国際民間航空機関	環境適応性は、運航開始時の規制強化に備え、最新の規制値に対し <b>十分なマージンを確保</b> し、低コスト化要求を満足すると同時に、現状他機種種の <b>最高レベルを上回る目標</b> を設定

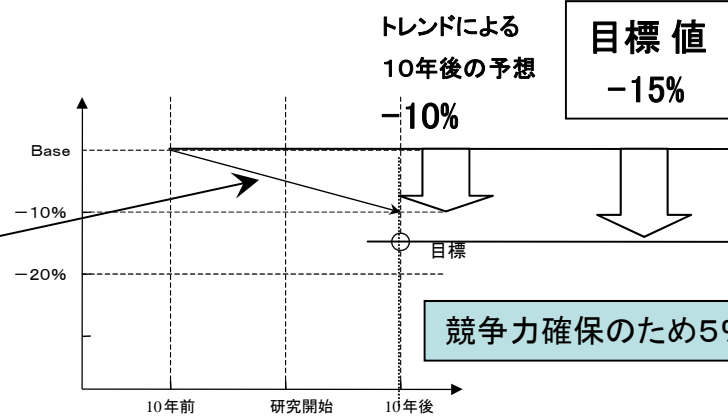
\* エンジン寄与分直接運航費用(DOC:Direct Operation Cost)  
内訳:整備費用+燃料費用+取得費用

# 目標設定の妥当性

## 直接運航費用低減 -15%

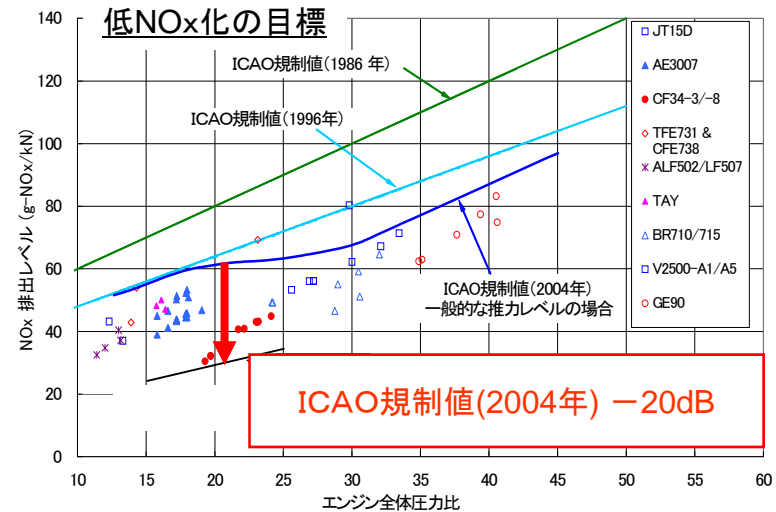
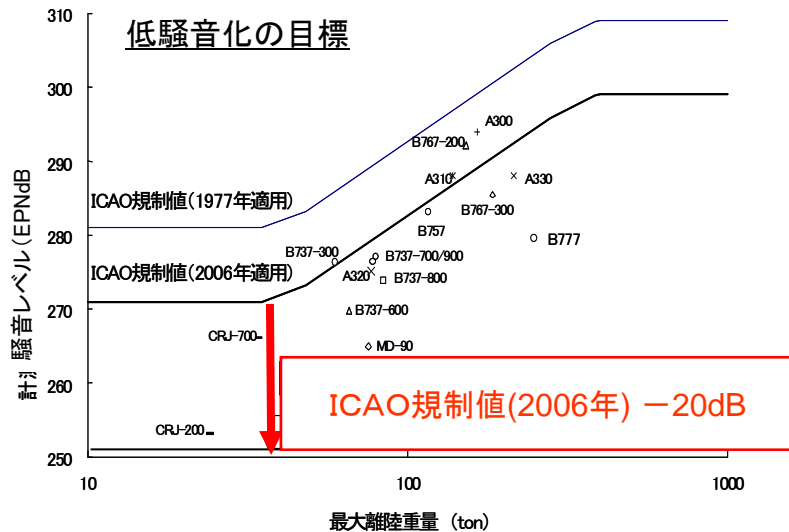


直接運航費用のトレンド -0.5%/年



## 環境適応性の向上

運航開始時に十分なマージンを確保し、低コスト化要求を満足しつつ、現状他機種の最高レベルを上回る目標を設定

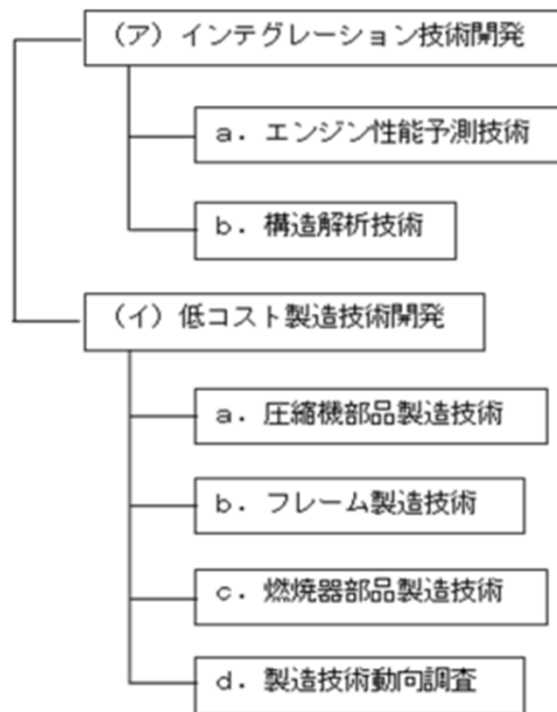




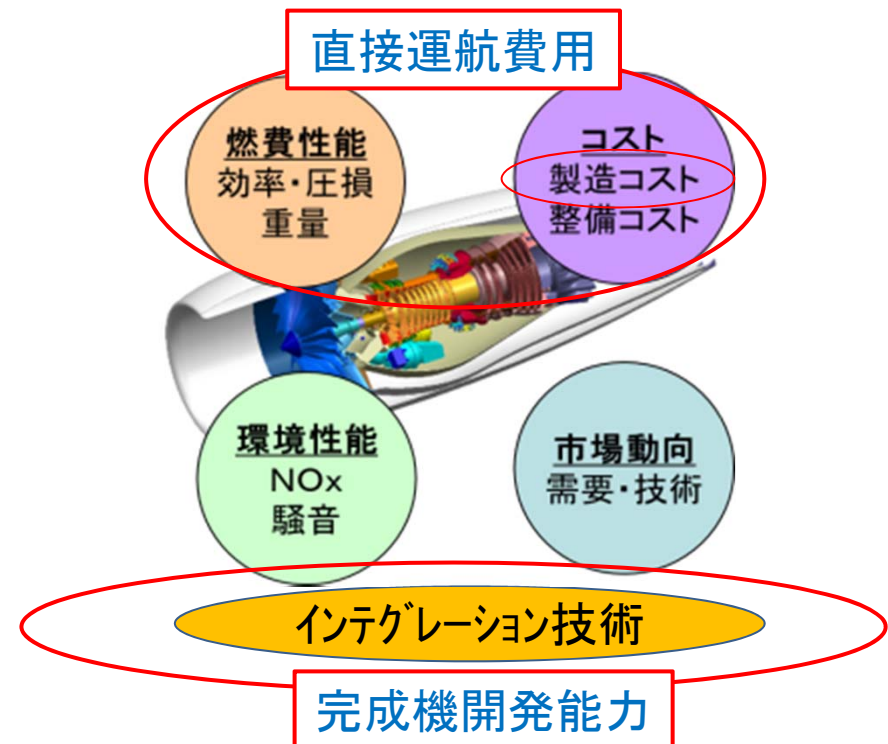
# 平成24年度補助事業の位置付け

本補助事業では、NEDO助成事業にて獲得した技術の更なる高度化、成果の早期適用に資するものと位置付けて実施している。

- **完成機開発能力**の更なる高度化に対して、「インテグレーション技術開発」として性能予測、構造解析技術の向上を行う。(国際共同開発での役割拡大への貢献に資する。)
- **直接運航費用**の内、取得費用(製造コスト)低減への寄与を目的に、「低コスト製造技術開発」として圧縮機部品、燃焼器部品等の製造技術の開発を行う。(ものづくり力の競争力強化への貢献に資する。)



平成24年度補助事業の研究テーマ



## 4. 成果、目標の達成度

要素技術	目標・指標(事後)	成果(事後)	達成度
インテグレーション技術開発			
性能予測技術	実データとの比較で性能予測レベル向上度を確認	<u>エンジン性能</u> : エンジン性能、重量に加えて、飛行レンジや機体性能を加味して、燃料消費の最適化手法を考案	達成
構造解析技術	実現象との比較により、破壊を伴う現象を定性的に再現できているか評価	<u>主流巻き込み</u> : シール部CFD解析の高速化と主流巻き込みモデルの改良によりシール効率予測精度を向上(10pts)	達成
		<u>タングリング</u> : 破断ひずみの速度依存性を考慮するなどの解析手法の改良を行い、予測精度を向上(タングリング: シャフト破断時に低圧タービン動翼を静翼と接触、破棄させ過回転を防止)	達成
		<u>ファン異物衝突</u> : モデル化範囲、異物モデルの引張強度を適切に設定、大変形時の翼変形量予測精度が大幅に向上	達成
	温度予測精度(寿命)の向上度を確認	<u>キャビティ流れ</u> : リグ試験機により流動機構を解明し、CFDを検証。流れ構造を温度予測に反映し精度向上(60%)	達成
低コスト製造技術開発			
圧縮機部品	試作、評価により、寸法精度や低コスト化を確認	<u>圧縮機部品</u> : 連翼をMIMで製造、金型改良で寸法精度を確認、強度は鍛造材並で、コストも60%削減と評価	達成
フレーム部品	直接運航費用(DOC)削減目標-15%への寄与度を確認	<u>フレーム</u> : 板金化適用部位などの構造設計を行い、強度解析で成立性を確認、重量10%減、コスト6%減と評価	達成
燃焼器部品		<u>燃焼器部品</u> : 燃料噴射弁部品にDLD、MIMを適用、製造可能性を確認、コスト1/6と評価。ライナーは、ドロス除去に対し、アシストガスノズルの改良でレーザー孔加工速度向上(3倍以上)を確認、コストも1割削減と評価	達成 達成
技術動向調査		<u>技術動向調査</u> : 文献調査等を実施し、有望技術として選定した加工技術(Laser Sintering、通電拡散接合)の試用を実施し有用性、課題を確認各	達成
	DOC低減への寄与度として、各技術適用で+0.15%を指標	低コスト製造技術をエンジンに適用すれば、貢献度としてDOC低減+0.4%と見込まれる	達成

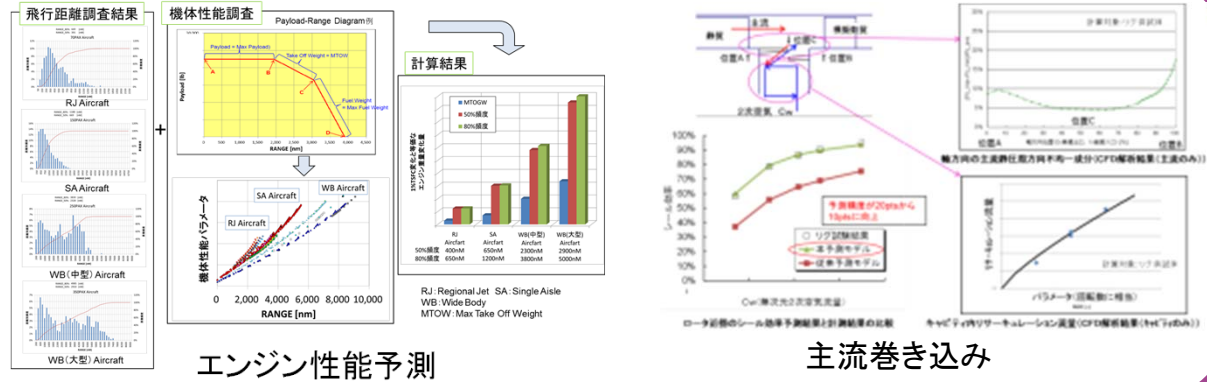
MIM: 金属射出成型、DLD: 3次元プリンタの要領で積層、レーザーで溶融し成型、ドロス: 加工面に残留、付着する溶融金属

# 成果(1)

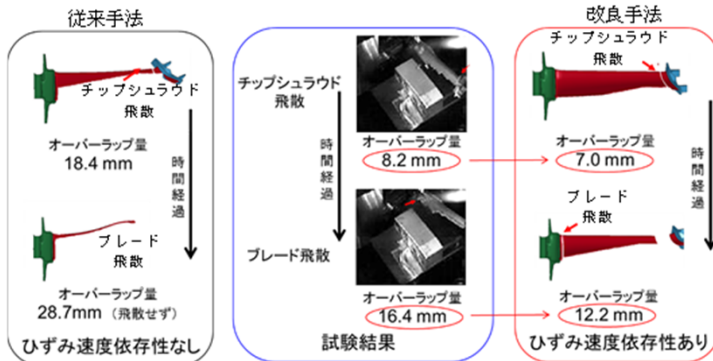
## ・インテグレーション技術開発

### 性能予測技術

・エンジン性能予測:  
エンジン性能、重量に加えて、  
飛行レンジや機体性能を加味して、  
燃料消費の最適化手法を考案  
・主流巻き込み:  
タービン部のディスク側への主流巻き込みについてシール部CFD解析の高速化と主流巻き込みモデルの改良によりシール効率などの予測精度が向上(10pts)

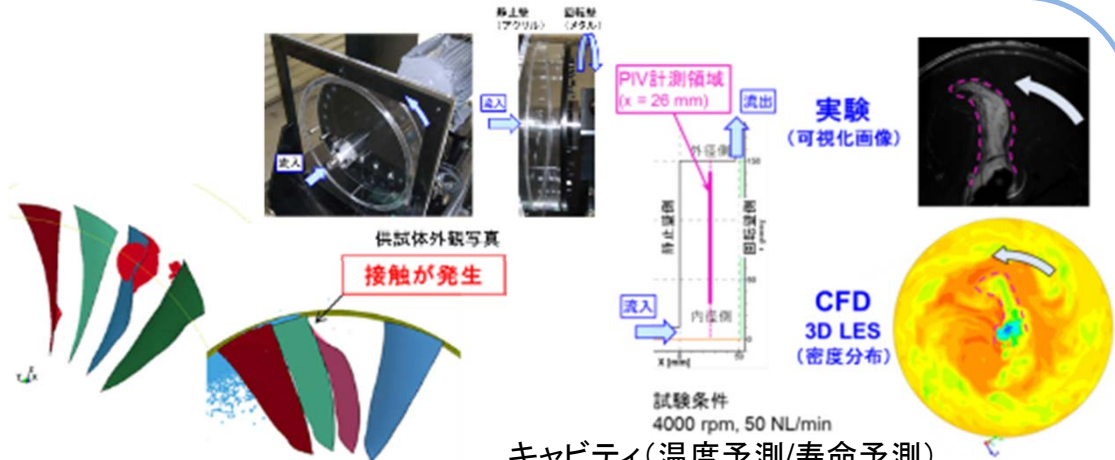


### 構造解析技術



#### タングリング解析(低圧タービン)

・タングリング: 破断ひずみの速度依存性を考慮するなどの解析手法の改良を行い、予測精度を向上。  
・ファン異物衝突: モデル化範囲、異物モデルの引張強度を適切に設定し、大変形時の翼変形量の予測精度が大幅に向上



#### キャビティ(温度予測/寿命予測)

・キャビティ(温度予測/寿命予測)  
リグ試験機により流動機構を解明し、CFDを検証。流れ構造を温度予測に反映することで、精度向上(60%)

各予測手法の手法改善、精度向上を確認

# 成果(2)

## ・低コスト製造技術開発

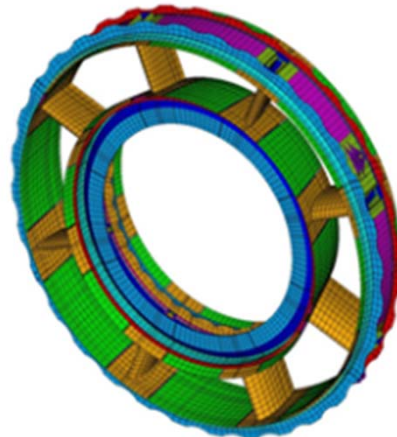
### 圧縮機部品



連翼部品試作

複雑形状部品である連翼をMIMで製造、金型改良で寸法精度を確認、強度は鍛造材並で、コストも60%削減と評価

### フレーム部品



板金化適用部位などの構造設計を行い、強度解析で成立性を確認、重量10%減、コスト6%減と評価

### 燃焼器部品



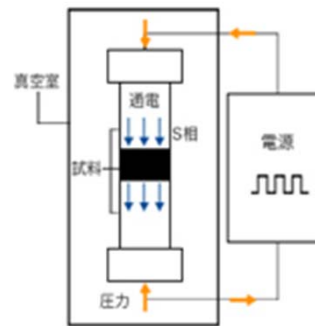
燃焼器部品へのMIM(左)、DLD(右)の適用燃料噴射弁について、DLDやMIMの適用部位を選定し、製造可能であることを確認、コスト1/6と評価

### 技術動向調査

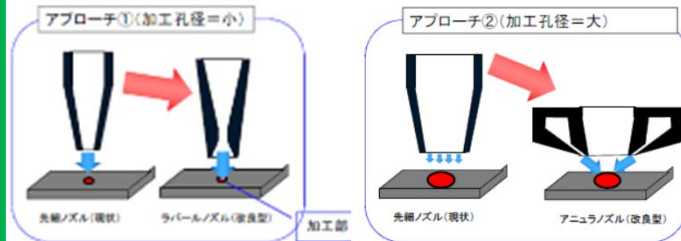
文献調査等を実施し、有望技術として選定した加工技術(Laser Sintering、通電拡散接合)の試用を実施し有用性、課題を確認



Laser SinteringによるHPC連翼



通電拡散接合

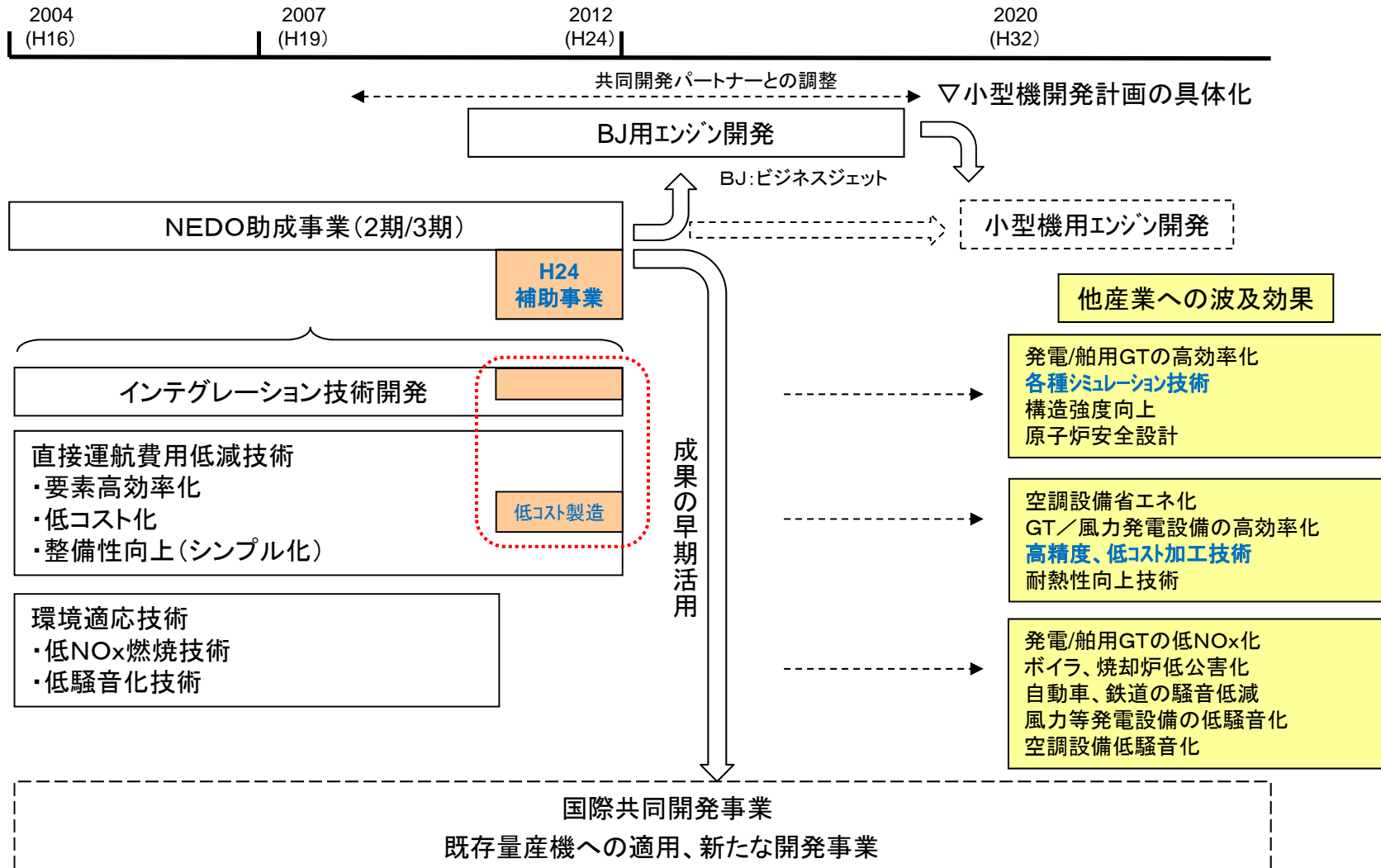


アシストガスノズルの改良

ライナーは、課題となるドロス除去に対し、アシストガスノズルの改良でレーザー孔加工速度向上(3倍以上)を確認、コストも1割削減と評価

各低コスト製造技術をエンジンに適用すれば、貢献度としてDOC低減+0.4%と見込まれる

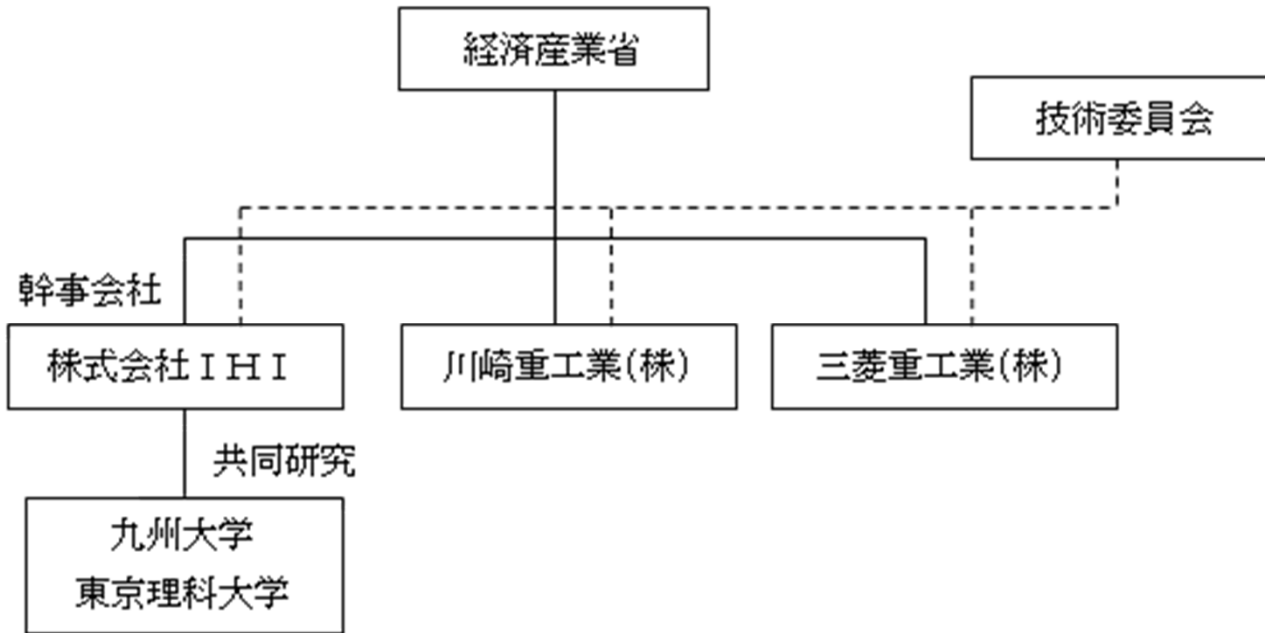
# 5. 事業化、波及効果



国際共同開発への早期成果活用、BJ用エンジンへの成果展開を図りつつ、小型機市場の動向を見極めていく。



# 6. 研究開発マネジメント・体制等



技術委員会委員

	氏名	所属
委員長	河野 通方	(独) 大学評価・学位授与機構 教授 東京大学名誉教授
委員	渡辺 紀徳	東京大学 工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
委員	津江 光洋	東京大学 工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授

航空エンジンメーカー3社でコンソーシアムを組み、大学研究機関の協力を得るとともに、外部有識者による技術委員会を設置して推進

## 7. 中間評価の結果

提 言	対 処 方 針
<p>本事業では、「インテグレーション技術」「低コスト製造技術開発」に焦点をあてた取り組みとなっているが、これだけではエンジンビジネスには不十分であるから、MROやプロダクト・サポート、運用支援サービスなどよりユーザー側の利益に資する事業モデルを検討すべき。</p>	<p>○民間航空機用エンジンの全機開発の実績のない我が国にとっては、要素技術での高度化に取り組み、我が国航空機エンジン産業の競争力の強化に貢献してきた。しかし、他方で、今後の市場拡大とこれまでに経験してきたエンジンビジネスでの知見を踏まえ、アフターマーケット市場の取り込むことの重要性も認識してきたことを踏まえた取組みを検討していく方針である。</p>

評価小委員会のコメント	対 処 方 針
<p>当該技術開発に係る事業性を勘案して事業を収束することとしたことは評価できる。 研究開発体制については、参画している企業が限定的であり、オールジャパンとしては必ずしもベストではなかったとも考えられることから、今後の事業実施に際しては、そのフォーメーションのあり方等について十分に検討すべき。</p>	<p>○今後、事業を実施する際には、国内事業者の幅広い参画を含め最適なフォーメーションのあり方を検討して参りたい。</p>