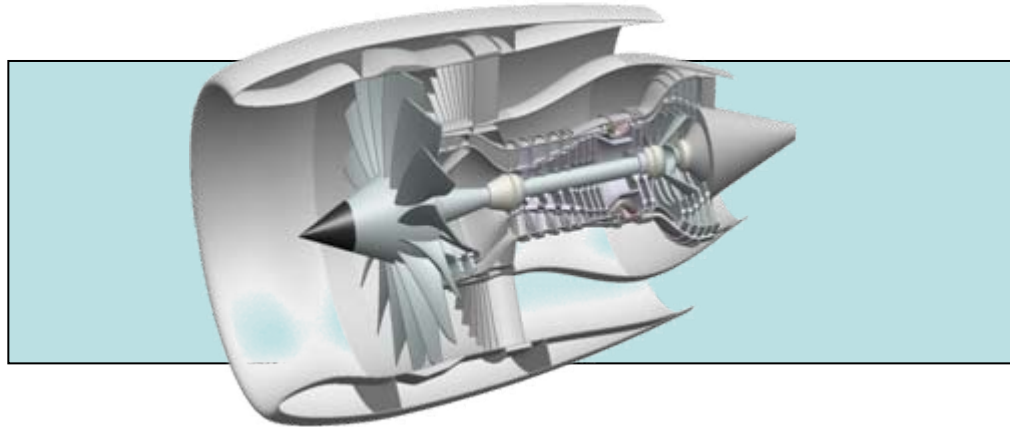




# クリーンエンジン技術の研究開発

(中間評価)



科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会  
第27回航空科学技術委員会

平成20年7月28日  
宇宙航空研究開発機構  
航空プログラムグループ



# 目次

|               |                 |
|---------------|-----------------|
| 1. 概況         |                 |
| (1) 社会情勢      | ・・・ P. 3        |
| (2) 最近の取組と成果  | ・・・ P. 4～P. 6   |
| (3) 今後の取組(予定) | ・・・ P. 7～P. 9   |
| 2. 各論         |                 |
| (1) 研究開発の必要性  | ・・・ P. 10       |
| (2) 研究開発の有効性  | ・・・ P. 11～P. 18 |
| (3) 研究開発の効率性  | ・・・ P. 19～P. 21 |
| 3. 留意事項への対応   | ・・・ P. 22       |



# 1. 概況

## 1-1. 社会情勢

### 国際動向

### 航空機エンジンの低NOx・低騒音化ニーズ

#### 【市場動向等】

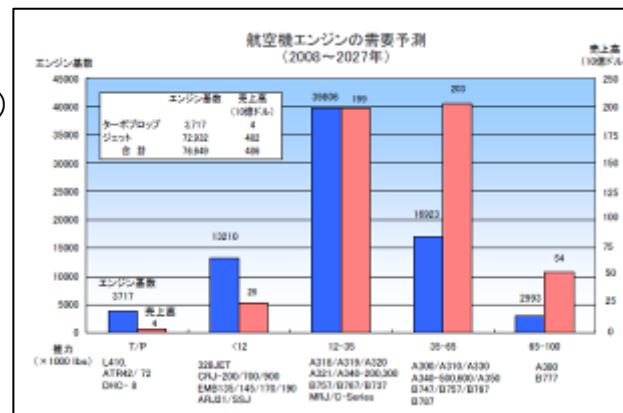
##### ・旅客機の需要予測

特に小型機(120-169席、60-99席)の新規需要が見込まれている

##### ・エンジン生産

国際共同開発が一般的

今後、特に小型旅客機エンジンの需要拡大が見込まれている



出典: 日本航空機開発協会

#### 【国際基準・国の施策等】

##### ・ICAO\*国際基準 \*国際民間航空機関

NOx: CAEP4('04), 6('08)と急速に強化  
騒音: 2006年に規制を強化

##### ・欧米(航空機生産国)

航空機産業を国家基幹産業と位置付けて推進

##### ・先進国

地球温暖化対策に取組み

—主要国首脳会議(洞爺湖サミット; H20.7)

### 国内動向

### エンジンの全機開発を目指して企業が「エコエンジン」の技術実証を実施中

#### 【市場動向等】

##### ・エンジン生産

'90年代以降、わが国企業はエンジンの国際共同開発  
・製造に次々と参画

米国、英国、仏国に続く世界第4位のシェアを獲得  
※2005年; シェア6.1%、売上高 約3千億円強

##### ・新エンジン開発

NEDOが国産の「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)」を実施中(H15-24)

**H19年度より、試作エンジンによる技術実証を開始**

#### 【国の施策等】

##### ・エンジンの研究開発(経産省、文科省)

温室効果ガス削減のため、低燃費の航空機の  
技術開発を推進

—経済財政改革の基本方針2008にて、  
「環境エネルギー技術革新計画」を推進

国の戦略重点科学技術、社会からの  
要請に応える研究開発に位置付け

—第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略(H18.3)

—航空科学技術に関する研究開発の推進方策について(H18.7)

—JAXAの中期目標を達成するための計画(中期計画)(H20.4)



# 1. 概況

## 1-2. 最近の取組と成果

### 最近の取組

関係機関との連携も図りつつ、計画に沿って研究開発を着実に実施。広報活動も積極的に実施。

### 【研究開発の実施状況】

・成果目標(政府) (経済産業省と協同で)2014年度までに日本が主体となった初のジェットエンジンの開発を実現し、市場投入を目指す

### ・進捗状況

◆NEDOプロジェクト「環境適応型小型航空機用エンジン」(エコエンジンプロジェクト)及び企業と連携を図りつつ、**ロードマップに沿って着実に実施中**

研究開発ロードマップ (昨年の中間評価時のもの)

| 年度                         | H15  | H16 | H17    | H18 | H19   | H20             | H21    | H22 | H23 | H24 | ... |
|----------------------------|--|-----|--------|-----|-------|-----------------|--------|-----|-----|-----|-----|
| NEDO「環境適応型小型航空機用エンジン 研究開発」 |  |     |        |     |       |                 |        |     |     |     |     |
| 要素技術開発                     |  |     |        |     |       | システム実証          |        |     |     |     |     |
| 経産省                        |  |     |        |     |       | NOx排出量*1-50%    |        |     |     |     |     |
| 企業                         |  |     |        |     |       | 低騒音化*1-20dB     |        |     |     |     |     |
|                            |  |     |        |     |       | CO2排出量*2-10%    |        |     |     |     |     |
| 文科省                        | 差別化技術の開発・移転                                |     |        |     |       | ■ 低NOx燃焼技術 -80% |        |     |     |     |     |
| JAXA                       | 大型設備の整備・供用                                 |     |        |     |       | ■ 低騒音化技術 -23dB  |        |     |     |     |     |
|                            |  |     |        |     |       | ■ 低CO2技術 -15%   |        |     |     |     |     |
|                            | 環状燃焼器                                      |     | ターボファン |     | 実エンジン |                 | 環境材料評価 |     |     |     |     |
|                            | *1 対ICAO規制値<br>*2 対現状エンジン<br>ICAO:国際民間航空機関 |     |        |     |       |                 |        |     |     |     |     |

<19年度>

・先進エンジン要素技術の試験(燃焼器)において、**NOx排出の大幅な削減を実証**  
(国際基準 ICAO CAEP4の62%減)

<20年度>

・引き続き、先進エンジン要素技術の研究開発を進めるとともに、企業の試作エンジン開発に向けた技術協力を実施

### NEDO「エコエンジン」

実用化に向けた  
試作エンジン(全機)

JAXAの  
技術目標

現在

成果

時間軸

JAXA「クリーンエンジン技術」

先進的な要素技術

図:エコエンジンとクリーンエンジンの関係(イメージ)

### ・エコエンジン開発

◆エコエンジン(NEDOプロジェクト)

【「エコエンジン」のスケジュール(H20.7現在)】  
H19年度 試作エンジンによる技術立証  
~H22年度

(昨年度指摘事項) 今後ともNEDOのエコエンジンプロジェクトとの関係及び同プロジェクトへの貢献内容について、わかりやすく説明していくことが必要。

(昨年度指摘事項②)「実施体制」「ロードマップ」「資金計画」について精査・見直しを行うこと

# 1. 概況



## 1-2. 最近の取組と成果

最近の取組(続き) 関係機関との連携も図りつつ、計画に沿って研究開発を着実に実施。

### 【他機関との連携】

#### ・JAXA/関係省庁

経産省/国交省/文科省との間で、随時会合

#### ・JAXA/開発主体企業・大学

エコエンジン開発企業\*、大学のほか他独立行政法人等との間で共同研究を実施中

\*進捗に鑑み各年度において共同研究内容等を調整

### 【広報活動】

#### ・パンフレット

JAXAプロジェクトパンフレット等により積極的に公表

#### ・試験場のプレス等への公開

環状燃焼試験設備完成披露会(2007.7)

地上エンジン運転設備完成披露会(2008.3)

#### ・その他

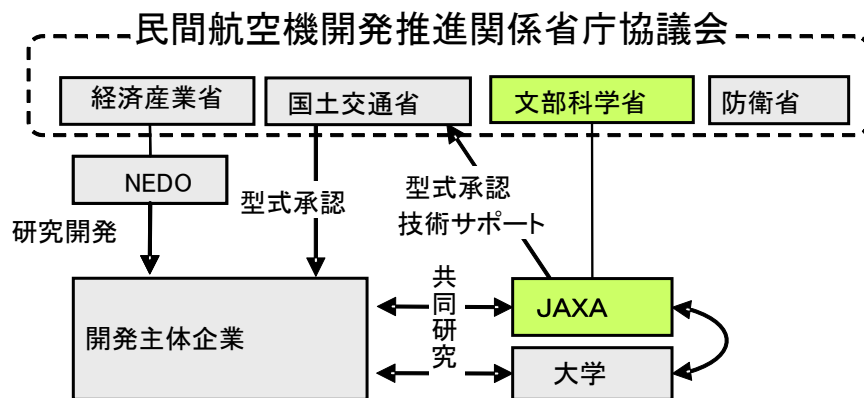
専門誌等への寄稿、学会での特別講演等

### 【資金】

#### ・予算額

H19 16.9億円(施設維持・整備費を含む)

H20 14.0億円( " )



(昨年度指摘事項) 今後ともNEDOのエコエンジンプロジェクトとの関係及び同プロジェクトへの貢献内容について、わかりやすく説明していくことが必要。



# 1. 概況

## 1-2. 最近の取組と成果

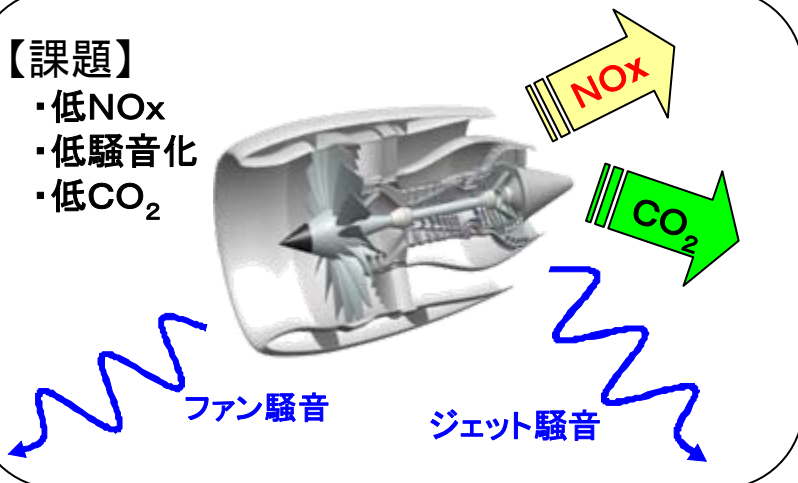
主な成果

NOxの燃焼実証で世界最高レベル(国際基準値の62%減)を達成

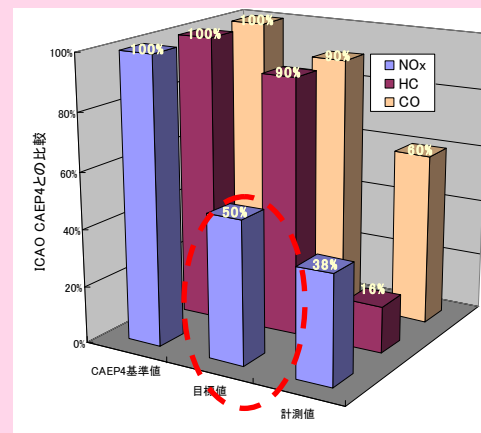
【JAXAが取り組んでいる技術課題】

【課題】

- ・低NOx
- ・低騒音化
- ・低CO<sub>2</sub>



【成果の具体例(～H19年度)】



Rich-Lean燃焼方式  
環状燃焼器

低NOx燃焼における成果

低NOx燃焼技術

- ・ Rich-Lean燃焼方式の環状燃焼器を開発し、燃焼器の空気流量配分調整を行うことにより、NEDOのエコエンジンプロジェクト外のNOx達成目標値(国際基準値\*)の-50%)を上回る世界最高レベルの-62%を実証。本技術をエコエンジンの燃焼器に技術移転し、性能向上に貢献。  
\*ICAO CAEP4
- ・ また、世界で初めてガスタービン排気ジェット中のNOx濃度を非接触で瞬時に計測することに成功

「クリーンエンジン技術」(要素技術)

・低NOx燃焼技術

- 燃料ノズル技術
- 燃焼器技術
- 燃焼器評価技術

・低騒音化技術

- 音響計測評価技術
- ファン騒音予測技術
- 騒音抑制デバイス技術

・低CO2技術

- タービン冷却性能向上
- 材料適用評価技術
- ファン・圧縮機効率向上
- ナセル抵抗低減
- エンジン制御技術



# 1. 概況



## 1-3. 今後の取組(予定)

今後の取組(予定) 企業の試作エンジンに対して先端技術の実証試験等を通じて技術協力

### 【NEDOプロジェクトと連携したJAXAの取組】

#### 技術協力

「エコエンジン」及び「クリーンエンジン」の目標値達成に向けて以下のエンジン要素技術について研究開発を行う  
(H22年度まではエコエンジンプロジェクトと連携して共同開発)

#### ◆ 低NO<sub>x</sub>燃焼技術

- ・NO<sub>x</sub>排出値を大幅に削減するための、燃料ノズル技術(燃料微粒化・混合促進)、燃焼器技術の開発
- ・燃焼器性能評価のための計測・CFD技術の開発

#### ◆ 低騒音化技術

- ・騒音抑制装置の開発および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及び評価

#### ◆ 低CO<sub>2</sub>技術

- ・タービン冷却構造の開発および性能評価
- ・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および評価

#### 【目標値】

|                       | 「クリーンエンジン技術」(要素技術)<br>目標値        | 「エコエンジン」(試作機)<br>目標値             |
|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 低NO <sub>x</sub> 燃焼技術 | ICAO CAEP4基準<br>マイナス80%          | ICAO CAEP4基準<br>マイナス50%          |
| 低騒音化                  | ICAO Chap.4基準<br>マイナス23dB(機体搭載時) | ICAO Chap.4基準<br>マイナス20dB(機体搭載時) |
| 低CO <sub>2</sub> 技術   | 対現行機比マイナス15%                     | 対現行機比マイナス10%                     |

#### 実施体制

- H15年度 ; JAXA独自の研究計画立案とNEDOからの委託研究を実施
- H16~22年度 ; NEDOプロジェクトの開始にあたり、実施企業、大学等との共同研究、受託試験、設備供用、人材交流を進めNEDOプロジェクトの支援と先行的高付加価値技術の開発を実施
- H23~24年度 ; 民間エンジン事業化における技術移転のための技術実証試験を実施、その後の開発における型式試験等の技術開発と協力



## 【補足】

## 1. 概況

※ NEDOのHPを元に作成

## ◆ NEDO「環境適応型小型航空機用エンジン研究開発」について

## 実施期間 第1期【平成15年度】

目的: エンジンシステムの概念ならびに仕様を設定し、それを実現するための具体的技術課題及び目標を設定する。

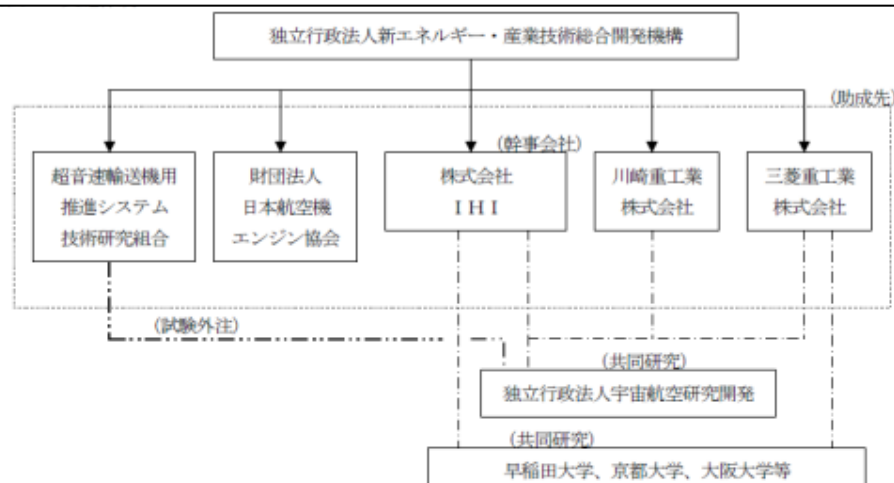
## 第2期【平成16年度～18年度】

目的: 将来的な市場要求を満足する小型航空機用エンジンに必要となる要素技術を確立する。

## 第3期【平成19年度～22年度】

目的: エンジンの試作・試験を実施し、基本的なエンジン機能・性能を確認し、得られた試験データ等によりエンジン仕様目標値達成の見通しを得ること。

予算額 : 5.7億円(平成20年度)



## 役割分担

## 株式会社IHI

- ・研究開発全体とりまとめ
- ・インテグレーション技術開発
- ・市場・技術動向調査
- ・要素技術開発(圧縮機、燃焼器等)

## 川崎重工業株式会社

- ・関連要素実証(部分希薄燃焼形式比較データ取得)

## 三菱重工業株式会社

- ・関連要素実証(部分過濃燃焼形式比較データ取得)

## (財)日本航空機エンジン協会

- ・市場・技術動向調査

## 超音速輸送機用推進システム技術研究組合

- ・関連要素実証(燃焼器: 試験推進、総合比較評価推進)
- ・市場・技術動向調査

(昨年度指摘事項) 今後ともNEDOのエコエンジンプロジェクトとの関係及び同プロジェクトへの貢献内容について、わかりやすく説明していくことが必要。



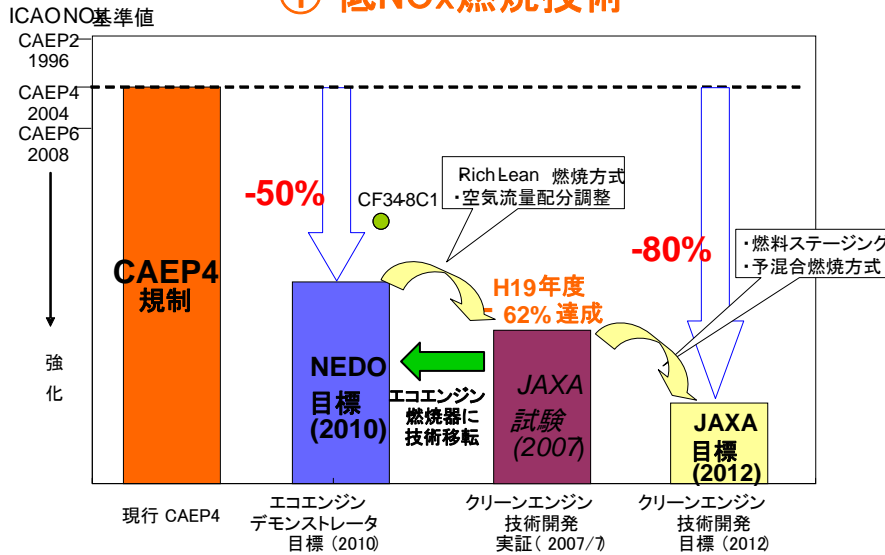


# 1. 概況

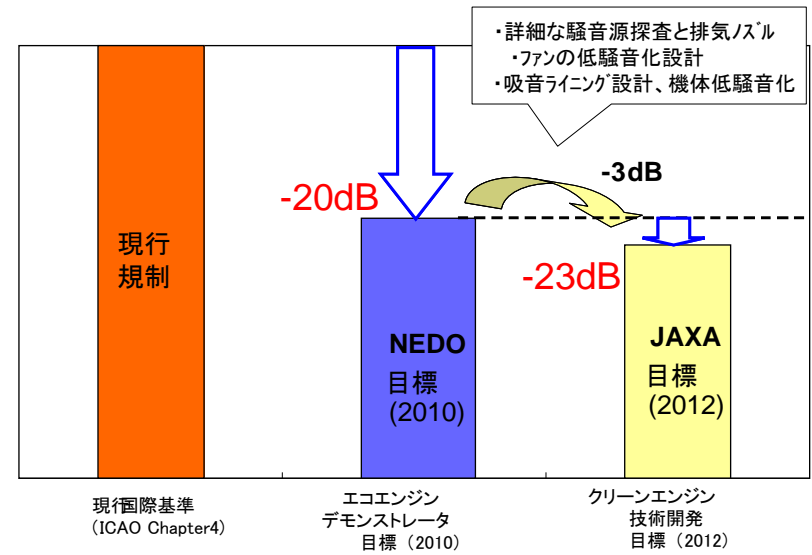
【補足】

## ◆「エコエンジンプロジェクト」と「クリーンエンジン技術」の研究開発目標

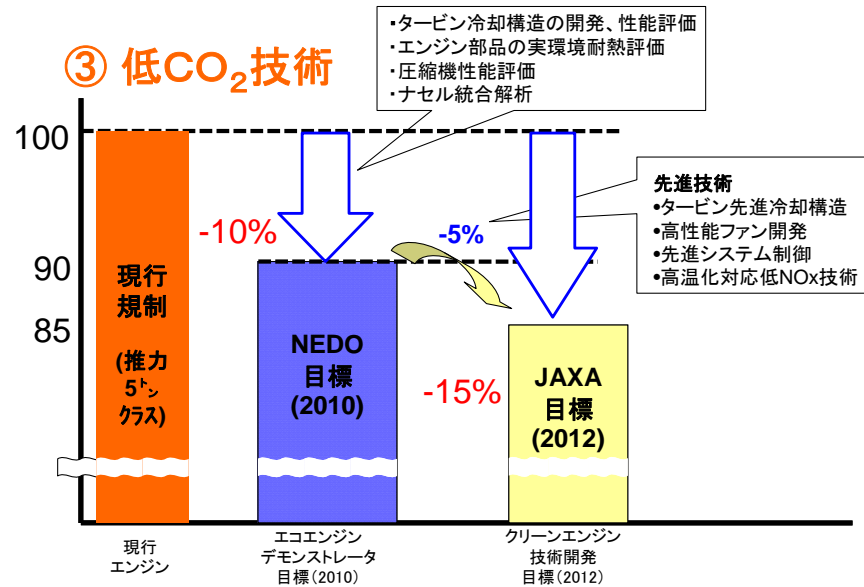
### ① 低NO<sub>x</sub>燃焼技術



### ② 低騒音化技術



### ③ 低CO<sub>2</sub>技術



## 2. 各論



### (1) 研究開発の必要性

#### ■ 意義

わ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。

他方で、近年の世界的な航空輸送量の増加や地球温暖化問題などを背景として、国際民間航空機関(ICAO)では、今後開発される航空機に対する環境規制(航空機が排出するNO<sub>x</sub>、騒音)を強化してきており、その成功のためには、製品の市場投入時期において想定されるICAO基準に適合し、またCO<sub>2</sub>排出量の少ない高効率なエンジンとする必要があり、本分野(低NO<sub>x</sub>、低騒音、低CO<sub>2</sub>化等)の先進的エンジン環境技術を獲得し、その成果を産業界へ移転することにより、わが国の航空エンジン産業の開発能力の確保・国際共同開発における地位向上に貢献する。

#### ■ 目的

- ・経済産業省・NEDOプロジェクト「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)」においては商品化を目指し、試作エンジン開発による全機開発能力の獲得、環境適応技術の開発が進められており、JAXAにはその研究開発力を結集して、この官民挙げての航空エンジン技術開発を全面的に支援することが求められている。JAXA開発中の付加価値の高い低NO<sub>x</sub>燃焼技術、低騒音化技術、低CO<sub>2</sub>技術を民間企業に技術移転する。
- ・「クリーンエンジン技術の研究開発」における技術開発の目標や時期は、エコエンジンプロジェクトの各開発段階のニーズに整合するよう設定されている。



## 2. 各論

### (2) 研究開発の有効性

#### ■ 設定目標

全体設定目標(政府)

「第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略」(H18.3)における本テーマの設定目標

#### ◆ クリーンエンジン技術の研究開発

**研究開発目標** ; 2010(H22)年度までに、現行のICAO規制値に比べNO<sub>x</sub>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、現状のエンジンに比べCO<sub>2</sub>排出量-10%を達成する。

2012(H24)年度までに、現行のICAO規制値に比べNO<sub>x</sub>排出量-80%、低騒音化-23dB(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、現状のエンジンに比べCO<sub>2</sub>排出量-15%を達成する。

**成果目標** ; [経済産業省と協同で]2014(H26)年度までに日本が主体となった初のジェットエンジンの開発を実現し、市場投入を目指す

### JAXAにおける取組み

#### 「クリーンエンジン技術の研究開発」

※NEDO「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)と連携  
(IHI株)、KHI株)、MHI株)との共同研究)

個別設定目標(JAXA)

| 低NO <sub>x</sub> 燃焼技術 |       |         | 低騒音化技術     |           |          | 低CO <sub>2</sub> 技術 |          |               |           | 試験設備 |          |
|-----------------------|-------|---------|------------|-----------|----------|---------------------|----------|---------------|-----------|------|----------|
| 燃料ノズル技術               | 燃焼器技術 | 燃焼器評価技術 | 騒音抑制デバイス技術 | ファン騒音予測技術 | 音響計測評価技術 | タービン冷却性能向上技術        | 材料適用評価技術 | ファン・圧縮機効率向上技術 | ナセル抵抗低減技術 |      | エンジン制御技術 |
|                       |       |         |            |           |          |                     |          |               |           |      |          |

(設定目標) 上記の「第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略」の研究開発目標と同じ

(平成22年度までは、NEDOのエコエンジンプロジェクトとの協同目標となっている)

# 2. 各論



## (2) 研究開発の有効性

### ■ 効果等

#### JAXAの取組課題とNEDOプロジェクトへの貢献 および これらの効果(まとめ)

|          | JAXAの取組課題 (～H24)<br>「クリーンエンジン技術」(要素技術)  | NEDOプロジェクト(IHI)への貢献 (～H22)<br>「エコエンジン」(全機開発)  | 効果 (=研究開発目標)                            |   |
|----------|---|---|---|---|
|          |   |   | ～H22年度                                  | ～H24年度                                    |
| 低NOx燃焼技術 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料ノズル技術</li> <li>・燃焼器技術</li> <li>・燃焼器評価技術</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・エコエンジン搭載型燃焼器の技術確立</li> <li>・高付加価値燃焼技術の開発および試作エンジンでの実証</li> </ul>  | 規制<br>(ICAOCA EP4)の<br><u>－50%</u>      | 規制<br>(ICAOCA EP4)の<br><u>－80%</u>        |
| 低騒音化技術   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・騒音抑制デバイス技術</li> <li>・ファン騒音予測技術</li> <li>・音響計測評価技術</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・騒音抑制装置の開発および試作エンジンでの実証</li> <li>・エンジン周辺環境に対応する音響計測技術の開発</li> <li>・CFD解析によるファン騒音予測技術の開発及び評価</li> </ul>         | 現行規制<br>(ICAO Chapt.4)の<br><u>－20dB</u> | 現行規制<br>(ICAO Chapt.4)の<br><u>－23dB</u>   |
| 低CO2技術   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・タービン冷却性能向上技術</li> <li>・材料適用評価技術</li> <li>・ファン・圧縮機効率向上技術</li> <li>・ナセル抵抗低減技術</li> <li>・エンジン制御技術</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・タービン冷却構造の開発および性能評価</li> <li>・エンジン部品の実環境耐久性評価</li> <li>・回転要素作動特性評価技術の確立</li> <li>・ナセル統合解析技術の開発および評価</li> </ul> | 現状<br>エンジンの<br><u>－10%</u>              | (機体/エンジン統合)<br>現状<br>エンジンの<br><u>－15%</u> |

## 2. 各論

### (2) 研究開発の有効性

#### ■ 進捗状況

#### 1. 低NO<sub>x</sub>燃焼技術(1/2)

#### 燃焼器技術の開発

(設定目標) 22年度までに現行規制(ICAO CAEP4)基準値の50%減、24年度までに80%減に削減するNO<sub>x</sub>燃焼技術を開発

#### 【進捗状況】

- Rich-Lean燃焼方式の環状燃焼器(図1)の空気流量配分調整を行うことによりエコエンジンプロジェクトのNO<sub>x</sub>目標値(ICAO 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(図2)。
- エコエンジン燃焼器に技術移転し、性能向上に貢献。

#### 【H20年度計画】

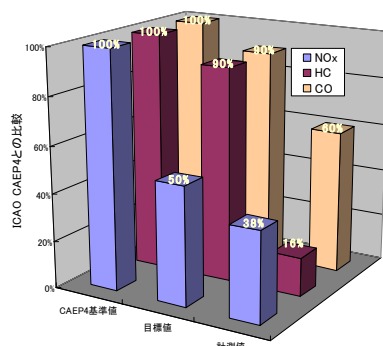
- 予混合燃焼方式を用いることにより、更なるNO<sub>x</sub>削減を目指したステーjing燃料ノズル(図3)を開発し、シングルセクタ燃焼器(図4)でエコエンジンNO<sub>x</sub>目標値を満足することを確認。

#### 【H21年度計画】

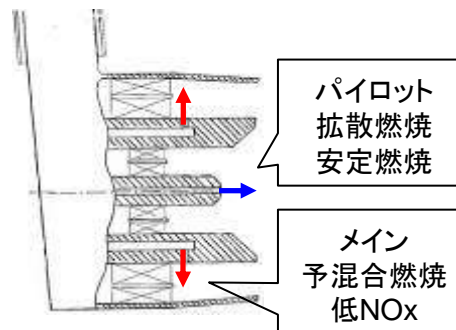
- 燃料の微粒化と混合を促進する技術を開発し、ステーjing燃料ノズルに適用することで低NO<sub>x</sub>性能を向上する。



(図1) Rich-Lean燃焼方式  
環状燃焼器



(図2) ICAO CAEP4との比較  
(LTOサイクル積算)



(図3) ステージング燃料ノズル



(図4) シングルセクタ燃焼器



## 2. 各論

### (2) 研究開発の有効性

#### ■ 進捗状況

#### 1. 低NO<sub>x</sub>燃焼技術(2/2)

#### 燃料ノズル技術、噴霧計測技術の開発

(設定目標) 22年度までに現行規制(ICAO CAEP4)基準値の50%減、24年度までに80%減に削減するNO<sub>x</sub>燃焼技術を開発

#### 【進捗状況】

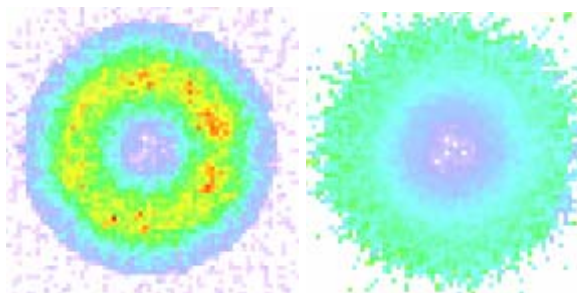
- **高圧噴霧試験装置**(図1)を開発。高圧場(最高1.0MPa)で燃料噴霧の観察、計測が可能。
- **レーザ回折噴霧構造解析装置**を開発。噴霧断面の粒径、濃度が計測可能(図2)。**商品化**。
- **ステレオ干渉画像法噴霧計測システム**を開発。  
慶應大学との共同研究成果、Imperial College(UK)協力。**世界初**。  
噴霧断面内の3速度成分、粒径が計測可能(図3)。
- Rich-Lean燃焼方式環状燃焼器用エアブラスト燃料ノズルの詳細な計測を実施。

#### 【H20年度計画】

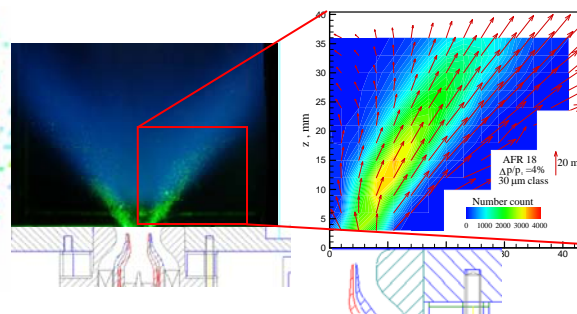
- 計測技術を用いてエアブラスト燃料ノズル、ステーシング燃料ノズルの微粒化、混合性能の評価を行う。

#### 【H21年度計画】

- ステーシング燃料ノズルの微粒化、混合性能を向上する。



濃度                      ザウタ平均粒径  
(図2)レーザ回折装置計測結果例



(図3)エアブラスト燃料ノズルの計測結果  
ステレオ干渉画像法

トラバース機構  
(上下、360度回転)

観測部



(図1)高圧噴霧試験装置



# 2. 各論

## ■進捗状況

### 2. 低騒音化技術

#### (a) 騒音抑制技術および騒音評価技術

#### (b) ファン騒音予測技術

(設定目標) 22年度までに現行規制(ICAO CAEP4)基準値の20dB減、24年度までに23dB減に削減する低騒音化技術を開発する

#### 1) ジェット騒音抑制と騒音評価技術

##### 【目標】

- 将来の国産エンジン開発に必要な騒音抑制技術及び騒音評価技術を供試エンジン及び音響試験設備を用いて研究開発する

##### 【進捗状況】

- H19年度までに供試ターボジェットエンジンを用いたジェット騒音試験を実施し、エンジン騒音データの収集及び屋外騒音試験法の開発を進めた

##### 【H20年度計画】

- エコエンジンプロジェクトのジェット騒音低減装置他を供試エンジン等にて試験し、騒音低減性能を調べる

##### 【H21年度計画】

- H20年度実証装置の発展型、干渉音等について、供試エンジン及び音響試験設備試験を実施し、騒音抑制効果を評価する



供試エンジン  
騒音試験



ジェット騒音試験に使用  
した騒音抑制装置



音響試験設備  
(無響室)

#### 2) 数値解析を用いたファン騒音予測

##### 【目標】

- 空港周辺騒音の主な原因のひとつであるファン騒音を予測するために、計算機を用いたシミュレーションを実施する

##### 【進捗状況】

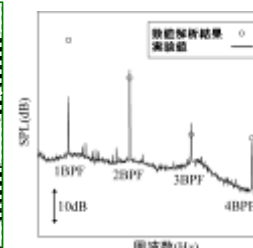
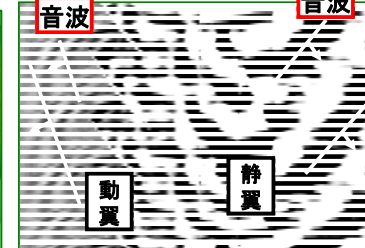
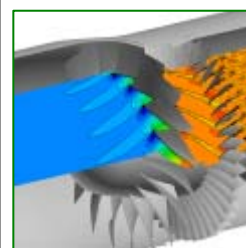
- ジェットエンジン内のファン(左図)から発生した音波がエンジンの外部へと伝播していく様子が数値解析により捕捉された(中央図)。
- ファンから発生する騒音のエンジンダクト内での大きさについて、数値解析結果と実験結果との比較(右図)し、実際に計測された騒音レベルと比べて、許容可能な誤差範囲において、妥当な予測結果を得た

##### 【H20年度計画】

- エンジンの外へ放出される音の予測技術を確立し、ファン騒音の予測精度を向上させる

##### 【H21年度計画】

- 騒音予測コードをエコエンジンのファンモデルに適用する


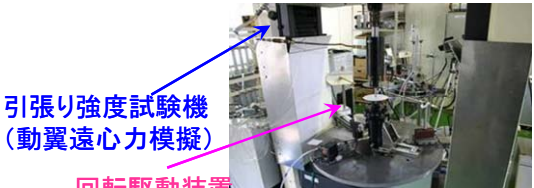



(IHIとの共同研究)

## 2. 各論

### ■進捗状況

### 3. 低CO2技術(1/2)

| (a)タービン冷却性能向上技術  | (b)材料適用評価技術   |
|--|---|
| (設定目標) 22年度までに現行エンジンの10%減、24年度までに15%減に削減する低CO2技術を開発する  |   |
| <h4>1)タービン翼冷却構造の開発</h4> <p><b>【目標】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>CO2低減を支えるタービン高性能冷却構造の開発、冷却性能の高精度評価を可能とする流体・熱伝導連成数値解析の高精度化、実用化</li> </ul> <p><b>【進捗状況】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>複合冷却構造のタービン翼前縁適用研究を発展させて、製造可能性を考慮した形状について、IHIと共同で試験研究を実施。流体・熱伝導連成解析について形状適合性の向上の1手法として重合格子を利用するためのツールを開発</li> </ul> <p><b>【H20年度計画】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>タービン翼の実際の運用状態での表面性状の変化等にもなう冷却性能変化を模擬評価するための評価手法の開発、重合格子による冷却構造の連成解析評価を実施</li> </ul> <p><b>【H21年度計画】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>上記模擬評価手法に基づく検証実験、流体・熱伝導連成解析によるエコ試作エンジンの冷却性能評価。</li> </ul>  <p>鋳造により製作したピン付き試験体の例</p> | <h4>2)耐熱合金評価技術の開発</h4> <p><b>【目標】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>CO2低減に必要なエンジン高温化を支える耐熱合金を、エンジン使用模擬環境で評価する装置・技術を開発し、実機適用に必要なデータを取得する</li> </ul> <p><b>【進捗状況】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>H18年度までに完成させた加熱冷却サイクル試験装置を使用して、タービン翼用のニッケルベースの耐熱超合金5種(従来材2、新材料3)の試験、比較評価を実施。加熱冷却サイクル試験装置に、回転翼にかかる遠心力を模擬する引張応力を加える機能を追加する改修を開始</li> </ul> <p><b>【H20年度計画】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>遠心応力模擬加熱冷却サイクル試験装置を完成、実エンジン環境材料評価試験設備の整備</li> </ul> <p><b>【H21年度計画】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>遠心応力模擬加熱冷却サイクル試験装置による耐熱材料評価実施。21年度末に完成予定の実エンジン環境材料評価試験設備を使用した評価試験方法検討</li> </ul>  <p>引張り強度試験機<br/>(動翼遠心力模擬)</p> <p>回転駆動装置</p> <p>回転引張り装置</p>  <p>試作したリングバーナー</p> <p>実機相当の加熱量と周方向均一性が必要</p> <p>耐熱材料を引っ張りながら加熱・冷却を繰り返すことで、回転するタービン翼の遠心力と熱応力を同時に模擬する。</p> |



# 2. 各論

## ■ 進捗状況

### 3. 低CO2技術(2/2)

(c) ナセル抵抗低減技術

(d) エンジン制御技術

(設定目標) 22年度までに現行エンジンの10%減、24年度までに15%減に削減する低CO2技術を開発する

#### 3) CFDによる低騒音ミキサ設計及びバイパスタクト外損失評価

##### 【目標】

■ エンジンの小型軽量化、低CO2化設計の両立を目指し、エンジンナセルの抵抗、ノズルのミキシング、バイパスタクト内の損失等を評価するために、ナセル周り流れ、ファン・バイパスタクト全周流れ解析等を実施する

##### 【進捗状況】

■ ナセルに低騒音ミキサを取り付けた流れ解析を行い、ノズル下流のミキシングを比較し(左図)、試験により騒音を測定する事により、ミキサの効果を確認した(中央図)

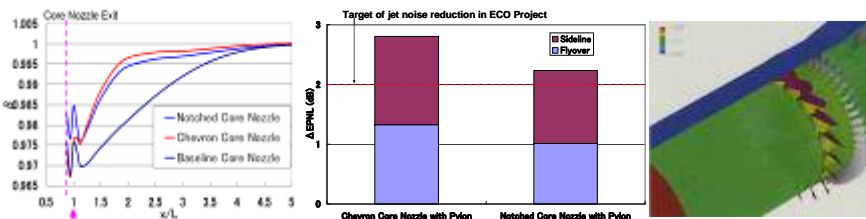
■ バイパスタクトの損失を評価するために、ファン動翼、静翼、ストラット、パイロンを含めたバイパスタクト全周流れ解析(右図)を実施している

##### 【H20年度計画】

■ 他の作動条件についても解析を実施し、試験結果との比較により予測精度を検証する

##### 【H21年度計画】

■ 精度を検証されたCFDコードを実際のバイパスタクトの設計に活用する



(IHIとの共同研究)

#### 4) エンジンシステム技術の研究開発

##### 【目標】

■ 将来の国産エンジン開発に必要なエンジンシステムおよび自己性能変化検知能を持たせた先進エンジン制御技術を実機エンジンを用いて開発・実証する

##### 【進捗状況】

■ H19年度までにシンプルな研究用ターボジェットエンジンを用いた先進制御技術の実証試験が完了。実用商用エンジンへの適応を目指し、国産2軸ターボファンエンジン(ESPRエンジン)での実証に移行する

##### 【H20年度計画】

■ ESPRエンジンの動特性・静特性データ取得試験を実施し、高精度エンジンシミュレーションモデルを構築する

##### 【H21年度計画】

■ ESPRエンジンを用いた先進制御システムの自己性能変化検知の開発・実証試験を行う  
 ■ ESPRエンジンを改修し、本来設計されている可変バリエーションエンジンを実現し、クリーンエンジン先進システム制御の供試体とする



自己性能変化検知試験の例

高精度エンジンシミュレーション



国産開発 ESPRエンジンによる実証試験





# 2. 各論

## ■進捗状況

### 4. 試験設備

| (a) 燃焼試験設備  | (b) エンジン運転試験設備   |
|---|--|
| <p><b>高温高圧燃焼試験設備(H16,17)</b><br/>技術開発、評価試験に活用中</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・最高圧力5MPa、供給空気最高温度1000K</li> <li>・圧力、温度条件は世界最高レベル</li> </ul> <p><b>環状燃焼器試験設備(H17,18)</b><br/>エンジン搭載用燃焼器を開発中</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・空気流量25kg/s、小型エンジンの実機条件を設定可能</li> <li>・連続して環状燃焼器の燃焼試験が行える設備はエンジン開発に必須(国内唯一)</li> </ul> | <p><b>地上エンジン運転試験設備(H18,19)</b><br/>実エンジン制御技術を開発中</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・流れの乱れが少なく、多点高精度高速計測ができ、国産商用開発エンジンの開発試験に供することが可能なエンジンの運転試験設備。</li> <li>・推力100kNクラス、FADEC化対応</li> </ul> |
| <p>(a) 燃焼試験設備</p> <p>高温高圧燃焼試験設備</p> <p>環状燃焼器試験設備</p>  | <p>(b) エンジン運転試験設備</p> <p>地上エンジン運転試験設備</p> <p>改修前(右)と改修後(左)の空気流れの比較</p>   |
| <p>(c) 回転要素試験設備</p> <p><b>回転要素試験設備(H20年度完成予定)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Eコエンジンの圧縮機モジュールを実圧実回転数で試験可能</li> <li>・わが国最大の航空エンジン用圧縮機試験設備</li> </ul>   | <p>(d) 材料試験評価設備</p> <p><b>実エンジン材料試験評価設備(H21年度完成予定)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・新開発されたタービン・燃焼器用耐熱材料をエンジン搭載状態と同等の高温・高圧環境下、さらにエンジンの運転・停止のサイクル環境下をも模擬評価することが可能となる</li> </ul>       |
| <p>回転要素試験設備構成図</p> <p>回転要素試験設備完成予想図</p>   | <p>高温・高圧燃焼雰囲気試験装置(概念図)</p> <p>高温度落差バーナー 材料・コーティング試験装置(概念図)</p>   |

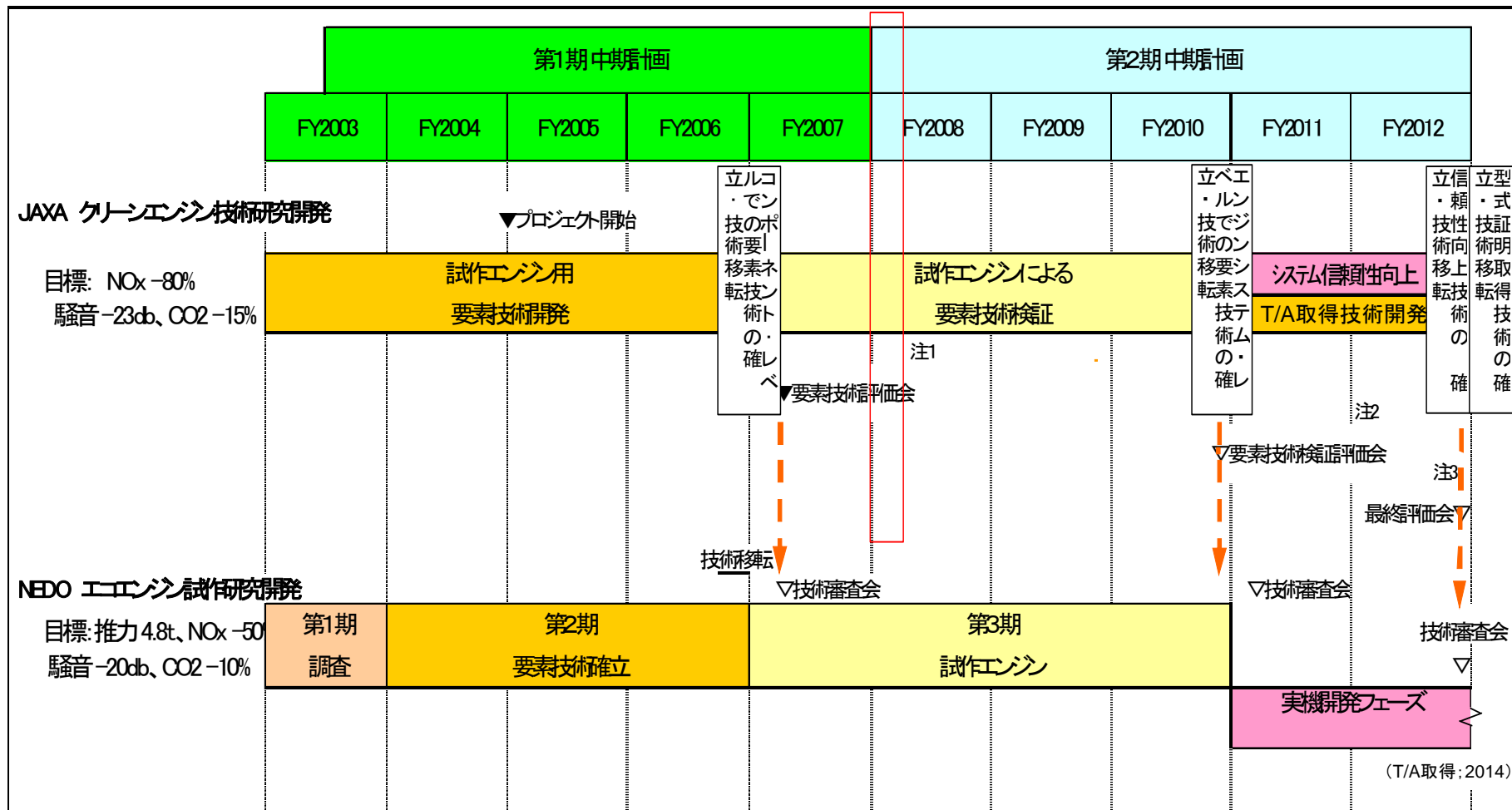


# 2. 各論

## (3) 研究開発の効率性

### ○ 研究開発のスケジュール

航空エンジン環境技術研究開発プロジェクト 主要スケジュール



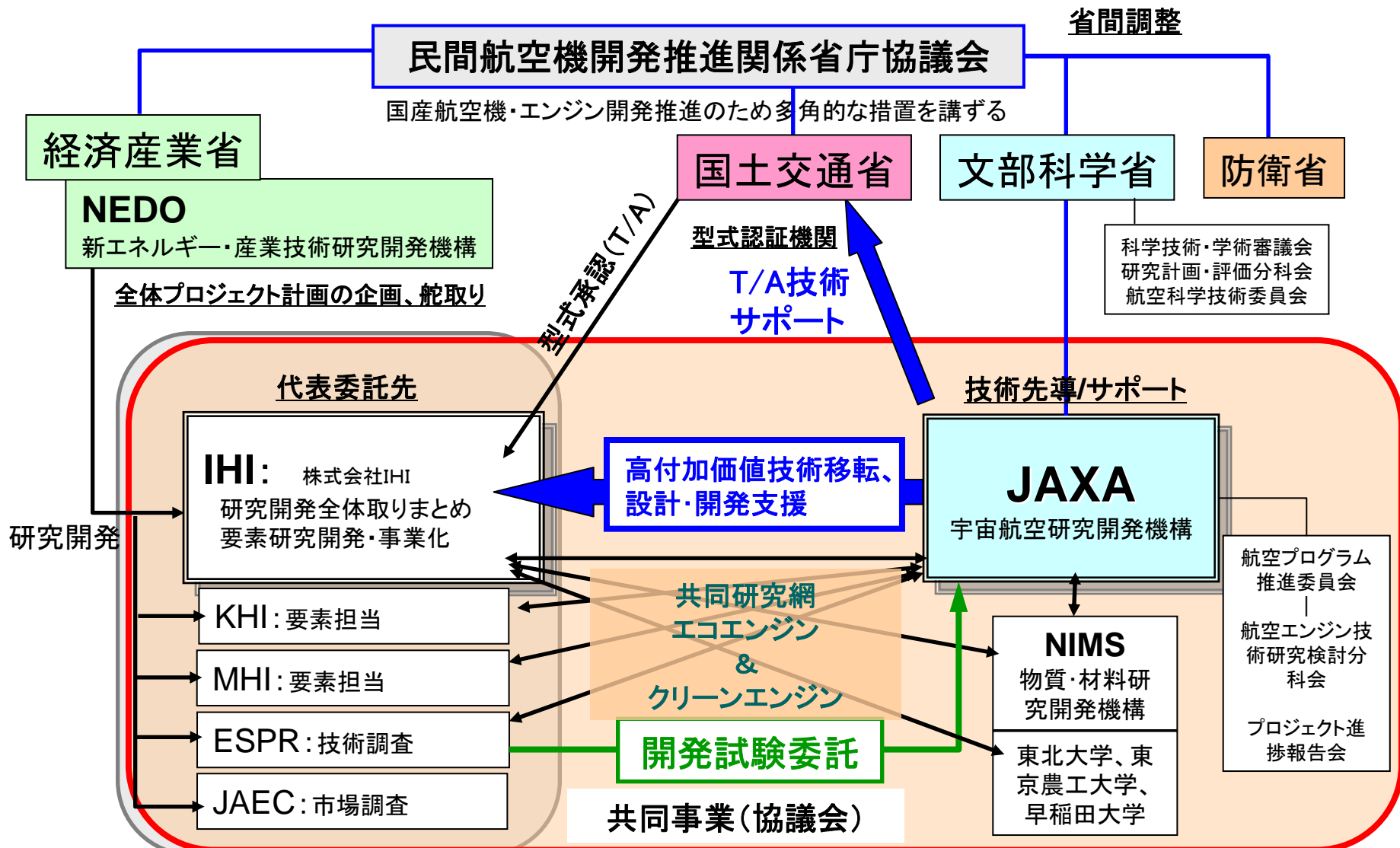
注1. コンポーネントレベル要素技術評価会：開発した要素技術に関する「コンポーネントレベル」での技術開発の成果が目的に対して妥当であるか審査  
 注2. エンジンシステムレベル要素技術検証評価会：開発した要素技術に関し「試作エンジン搭載状態」での技術開発の成果が目的に対して妥当であるか審査  
 注3. 最終評価会：システム信頼性向上技術、T/A取得技術に関し、技術開発の成果が「実機エンジン搭載」に必要な目的に対して妥当であるか審査



# 2. 各論

## (3) 研究開発の効率性

### ○実施体制(国内機関の連携)



(昨年度指摘事項②)「実施体制」「ロードマップ」「資金計画」について精査・見直しを行うこと

注) 下線部が各組織の役割



## 2. 各論

空へ挑み、宇宙を拓く



### (3) 研究開発の効率性

#### ○資金計画

(億円)

|      | H16  | H17  | H18   | H19   | H20   | H21以降 | 計   |
|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 研究   | 3.9億 | 3.0億 | 3.5億  | 7.6億  | 9.4億  | 調整中   | 調整中 |
| 設備整備 | 3.8億 | 5.7億 | 8.6億  | 9.3億  | 4.6億  | 調整中   | 調整中 |
| 計    | 7.7億 | 8.7億 | 12.1億 | 16.9億 | 14.0億 | 調整中   | 調整中 |

#### ○研究開発の人員計画

平成20年度 : 32名【専任21名・併任11名】で実施。

平成21～24年度 : 調整中

### 3. 留意事項への対応



#### (昨年度指摘事項①)

本研究開発の効率性の評価については、今後、研究開発計画が具体的に進められる中で「実施体制」「ロードマップ」「資金計画」について精査・見直しを行うことが前提であり、研究開発の節目ごとに評価を実施していく必要がある。

→ JAXA内においては四半期毎のプロジェクトの進捗報告会、年2回ほどのエンジン技術研究に関する分科会を開催してフォローしている。今後のプロジェクトの節目においても昨年度と同様にフェーズごとの評価を実施する予定である。

#### (昨年度指摘事項②)

今後ともNEDOのエコエンジンプロジェクトとの関係及び同プロジェクトへの貢献内容について、わかりやすく説明していくことが必要である。

→ プロジェクト実施のメーカーとの共同研究成果が着実に現れており、実験設備の整備と供用による貢献などのサポート体制、先行的技術の開発なども学会、JAXA報告書、プロジェクトパンフレットとして積極的に公表している。