

研究評価委員会第1回「環境適応型小型航空機用エンジン研究開発」（事後評価）分科会議事要旨

日 時：平成25年7月17日（木） 13:10～18:00

場 所：WTC コンファレンスセンター Room B

（〒105-6103 東京都港区浜松町2-4-1 世界貿易センタービル 3階）

出席者（敬称略、順不同）

分科会長 久保田 弘敏 帝京大学 理工学部 特命教授
分科会長代理 辻川 吉春 大阪府立大学 工学研究科 名誉教授
委員 岡部 朋永 東北大学 大学院工学研究科 航空宇宙工学専攻 准教授
委員 船崎 健一 岩手大学 工学部 機械システム工学科 教授
委員 森本 健 日本航空株式会社 整備本部 企画財務部 統括マネージャー
委員 山崎 伸彦 九州大学 大学院工学研究院 航空宇宙工学部門 教授

<実施者>

金津 和徳 株式会社 IHI 航空宇宙事業本部 技術開発センター 所長
今成 邦之 株式会社 IHI 航空宇宙事業本部 技術開発センター エンジン技術部 部長
山本 政彦 株式会社 IHI 航空宇宙事業本部 技術開発センター エンジン技術部 担当部長
小見 淳介 株式会社 IHI 航空宇宙事業本部 技術開発センター エンジン技術部 主査
池田 修治 株式会社 IHI 航空宇宙事業本部 技術開発センター エンジン技術部 主査
本田 達人 株式会社 IHI 航空宇宙事業本部 技術開発センター エンジン技術部 担当課長
大石 勉 株式会社 IHI 航空宇宙事業本部 技術開発センター 要素技術部 担当部長
大北 洋治 株式会社 IHI 航空宇宙事業本部 技術開発センター 要素技術部 担当部長
加藤 大 株式会社 IHI 航空宇宙事業本部 技術開発センター 要素技術部 主幹
廣光 永兆 株式会社 IHI 航空宇宙事業本部 技術開発センター 要素技術部 主査
古川 洋之 株式会社 IHI 航空宇宙事業本部 技術開発センター 制御技術部 主査
佐々木 厚太 株式会社 IHI 航空宇宙事業本部 技術開発センター 材料技術部 主査
木下 康裕 川崎重工業株式会社 ガスタービン・機械カンパニー
ガスタービンビジネスセンター 技術総括部 要素技術部、(兼) 技術企画部 部長
緒方 秀樹 川崎重工業株式会社 ガスタービン・機械カンパニー
ガスタービンビジネスセンター 技術総括部 要素技術部 燃焼器課 課長
森合 秀樹 三菱重工業株式会社 航空宇宙事業本部 民間エンジン事業推進部
エンジン設計課 主席技師
坂井 栄治 財団法人 日本航空機エンジン協会 企画部 部長
三井 一郎 財団法人 日本航空機開発協会 常務理事
二村 尚夫 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 航空本部 航空技術実証研究開発室 室長
柳 良二 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 航空本部 非常勤招聘研究員
河野 通方 独立行政法人 大学評価・学位授与機構 東京大学名誉教授

<推進者>

久木田 正次 NEDO 技術開発推進部 部長
山本 将道 NEDO 技術開発推進部 課長
草川 剛 NEDO 技術開発推進部 主査

<オブザーバー>

荒木 健史 経済産業省 製造産業局 航空機武器宇宙産業課 総括係長

<企画調整>

伊吹 信一郎 NEDO 総務企画部 職員

<事務局>

竹下 満 NEDO 評価部 部長
保坂 尚子 NEDO 評価部 主幹
成田 健 NEDO 評価部 主査

<一般傍聴者>

1名

議事次第

【公開セッション】

- | | |
|---|----------------------|
| 1. 開会、分科会の設置について、資料の確認 | 13:10 ~ 13:20 (10分) |
| 2. 分科会の公開について | 13:20 ~ 13:25 (5分) |
| 3. 評価の実施方法について | 13:25 ~ 13:35 (10分) |
| 4. 評価報告書の構成について | 13:35 ~ 13:40 (5分) |
| 5. プロジェクトの概要説明 (NEDO) | |
| 5-1. 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメントについて | 13:40 ~ 14:00 (20分) |
| 5-2. 研究開発成果および実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて | 14:00 ~ 14:10 (10分) |
| 5-3. 質疑 | 14:10 ~ 14:30 (20分) |
| 休憩 | 14:30 ~ 14:40 (10分) |
| 6. プロジェクトの詳細説明 (実施者) | |
| 6-1. エンジンシステム特性向上技術 | 14:40 ~ 16:30 (110分) |
| 6-1-1.全体システムエンジン実証 (説明 40分、質疑 20分) | |
| 6-1-2.関連要素実証 (説明 15分、質疑 10分) | |
| 6-2. 耐久性評価技術/耐空性適合化技術 (説明 15分、質疑 10分) | |

<一般傍聴者退場>

◆非公開資料の取り扱いに関する説明（評価部） 16:30 ～ 16:35（5分）

【非公開セッション】

6-3. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み・・・・・・・・・・ 16:35 ～ 17:05（30分）
（実施者／説明 20分、質疑 10分）

7. 全体を通しての質疑 17:05 ～ 17:35（30分）

【公開セッション】

8. まとめ・講評 17:35 ～ 17:50（15分）

9. 今後の予定 17:50 ～ 18:00（10分）

10. 閉会 18:00

配布資料

- 資料 1-1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 1-2 N E D O 技術委員・技術委員会等規程
- 資料 2-1 研究評価委員会分科会の公開について（案）
- 資料 2-2 研究評価委員会関係の公開について
- 資料 2-3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について
- 資料 2-4 研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて
- 資料 3-1 N E D O における研究評価について
- 資料 3-2 技術評価実施規程
- 資料 3-3 評価項目・評価基準
- 資料 3-4 評点法の実施について（案）
- 資料 3-5 評価コメント及び評点票（案）
- 資料 4 評価報告書の構成について（案）
- 資料 5-1 事業原簿（公開）
- 資料 5-2 事業原簿（非公開）
 - プロジェクトの概要説明資料（公開）
- 資料 6-1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント
- 資料 6-2 研究開発成果、実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み
 - プロジェクトの詳細説明資料（公開）
- 資料 7-1-1 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)
- 資料 7-1-2 エンジンシステム特性向上技術(関連要素実証)
- 資料 7-2 耐久性評価技術
- 資料 7-3 耐空性適合化技術
 - 実用化・事業化に向けた見通し及び取り組み（非公開）
- 資料 7-4 実用化・事業化に向けた見通し及び取り組み
- 資料 8 今後の予定

議事録

【公開セッション】

議題 1. 開会、分科会の設置について、資料の確認

- ・開会宣言（事務局）
- ・研究評価委員会分科会の設置について、資料 1-1 及び資料 1-2 に基づき事務局より説明。
- ・久保田分科会長挨拶
- ・出席者（委員、推進者、実施者、事務局）の紹介（事務局、推進者）
- ・配布資料確認（事務局）

議題 2. 分科会の公開について

事務局より資料 2-1 に基づき説明し、議題 6「プロジェクトの詳細説明」のうち、「実用化に向けての見通し及び取り組み」と、議題 7「全体を通しての質疑」を非公開とすることが了承された。

議題 3, 4 評価の実施方法と評価報告書の構成について

評価の実施方法を事務局より資料 3-1～3-5 および資料 4 に基づき説明し、事務局案どおり了承された。

議題 5 .プロジェクトの概要説明

推進者より資料 6-1, 6-2 に基づき説明が行われ、以下の質疑応答が行われた。

主な質疑内容：

・資料 6-2 のスライド 14 で、デモエンジン試作を目指していたが燃料代等の影響でビジネスチャンスは今後検討していくという説明であったが、燃料代がどのように影響したのか質問あり。これに対して、開発途中、燃料代の長期的高騰が予想されたことより、燃費重視への設計変更の検討を実施した結果、予算、開発期間、および、デモエンジン試作からデモエンジン試作のために重要となる要素の実証までに研究開発内容を変更したと回答があった。

・資料 6-2 のスライド 8 の実施の効果（1）の説明で、「50 席クラス機の市場の 50%獲得を想定」としているが、「獲得」とはどのような定義かとの質問あり。これに対して、代表的なエンブレエル、あるいはボンバルディアのユーザーのどちらかに採用されるとの仮定で、市場 50%獲得できると試算したとの回答があった。

・エンジン試作断念は、市場獲得を断念したと理解してよいかとの質問あり。これに対して、断念はしていない。現状、新規市場が見えなくなっているが、今後、追跡調査で状況を把握しながら、事業化に繋がるかを見守っていききたいとの回答があった。

・資料 6-2 のスライド 3 の達成度が全て「○」で、「◎」が無い理由について質問あり。これに対して、NEDO で、競争力、規制対応力を持つ水準の技術を設定して評価した「○」であり、実質「◎」の価値があると解釈してもよいとの回答があった。

・中間評価で運行費目標 15%低減は妥当と思われたが、全体を見通として目標設定 15%が妥当であったかの評価もあってもよかったのではとの質問あり。これに対して、第二期と三期でエンジンの仕様が大きく異なり、燃料高騰の中で、15%達成しているということは、実態として意味のある数字と考えているとの回答があった。

・成果の普及を一般人にどうアピールしていくのかとの質問があった。これに対して、ネットワークを利用

して横展開し、よい技術をアピールしていきたい。今後は勝負。との回答があった。

・資料 6-2 のスライド 5 で、需要予測曲線が一端急下降して上昇、また曲線がギザギザであり、どんな予測に基づくのか？ また、現在 2013 年であり実績を重ね合わせて予測が正しかったのか比較すべきでは、との質問あり。これに対して、第一のピーク時点で運用されている機体の代替需要がこのピークから 10 年後に起こるとすると図のような第 2 のピークが予測された。またギザギザは代替機を含めた需要に年度毎の差を仮定して計算した結果。また、現状の予測では 2012-2021 年では予測のようなピークは発生しなかった。との回答があった。

・目標達成数値実績値；17.5 はどんな数字なのか、分布を持つのか、チャンピオンデータなのか、第三者が採っても同じなのか、一人歩きしても信頼持てる数字なのか、また、20.5、50.5（資料 6.2 スライド 3）も含めると微妙に “.5 “になっているがどういう数字なのか、との質問があった。これに対して、積み上げた数値で、恣意的ではないとの回答があった。

・燃料費高騰による計画変更の際して、直接運行費用(DOC) 低減目標値 15%を 10%に下げてデモエンジンを作るというオプションはなかったのかとの質問あり。これに対して、製作費が事業者 1/2 負担と大きいため、事業性と技術の重要性を天秤に掛けて、デモエンジン試作を見送り、高圧系技術の実証性に注力したとの回答があった。

・このような取り組みを若いエンジニアやこれからエンジニアになる学生へどうアピールしていくのか、あるいは事後フォローアップをどうしていくのかとの質問があった。これに対して、人材育成の観点から、このようなエンジン全体の技術を伝承していくチャンス少ないが、今回のプロジェクトに関わった若い人材含めて切磋琢磨させていただいた。国際共同開発でそのような人材が力を発揮している。事業者にとって技術レベルを上げるよいチャンスとなったとの回答があった。NEDO としては、IHI の要望を踏まえながら、NEDO の成果トピックスを記載したリーフレットへの紹介やインターネットへの情報公開等により、積極的に後押ししていきたいとのコメントがあった。

議題 6 プロジェクトの詳細説明

推進者より資料 7-1-1, 7-1-2, 7-2, 7-3 に基づき説明が行われ、以下の質疑応答が行われた。

主な質疑内容：

資料 7-1-1「全体システムエンジン実証」の質疑：

・エンジン設計技術として IHI 内で DOC 指標を実際のエンジンに適用した実績について質問あり。これに対して、実際の国際協同開発で利用されている。民間機開発では当たり前。研究開発で指標として取り入れたのはエコエンジンが初めてとの回答があった。

・スライド 21 で、DOC 削減への寄与の大きい圧縮機は性能の効果だけを考慮されているのかとの質問あり。これに対して、その通り。後述する低圧、高圧タービンにおいても同様との回答あり。

・スライド 21 で、各コンポーネントの効果は、当初の予想通りなのかとの質問あり。これに対して、ほぼ予想通り。燃焼機のみ当初想定より低コストの燃焼器が開発できた結果としてアドバンテージが上乘せられているとの回答があった。

・ほぼ予想通りの結果は、実績・経験によるものかとの質問あり。これに対して、その通りで、DOC への各影響因子の感度係数を把握し、整理している。これを開発者が共有して研究開発を進めたとの回答があった。

・売れる小型機エンジンの何が必要だからここを重視して開発したということを成果説明の中で述べたほ

うがアピールできると思うがとの質問あり。これに対して、エンジンの使い勝手やオーバーホールに合わせた部品の寿命設定などについて小型機に求められる要求に合うよう考慮したとの回答があった。

- ・スライド 21 で、低減率の積上げはトレードオフないのかとの質問あり。これに対して、トレードオフした後の値を表示しているとの回答があった。

- ・スライド 22 左図で、タービンの費用増加率が大きい理由について質問あり。これに対して、高圧タービンが 1 段から 2 段になったため費用増加率が大きいとの回答があった。

- ・スライド 22 の整備費の比較について、ここにあげられた内訳以外にも減価償却費が掛かるのではないか、既存機の内訳がないのが気になるとの質問あり。これに対して、既存機の内訳は公表できない。但し、原価償却費は部品費に含まれ、考慮しているとの回答があった。

- ・スライド 22 右図で、エンジン価格が下がることによって、直接運航費用が低減する理由について質問あり。これに対して、原価償却費の低下を考慮しているためとの回答があった。

- ・エコエンジンプロジェクトが国際的にどう評価されているかとの質問あり。これに対して、ICAO（国際民間航空機関）の中で、各国の研究開発動向をモニタしており、エコエンジンの成果も日本の研究開発動向のひとつとして、今後の No_x や騒音規制強化の検討の題材となっているという意味では評価されていると考えているとの回答があった。

- ・スライド 14 で、鋳造シミュレーション技術を強調する理由について質問あり。これに対して、航空エンジン部品に対応できる大型鋳物製造技術を保有している企業は世界に数社で、価格支配されており、日本にない技術であった。その点で、今回開発した鋳造シミュレーション技術は大型鋳物製造技術を担う価値がある技術。大物鋳物部品の低コスト、軽量化のための製造技術については別途、METI 補助事業で実施している。との回答があった。

資料 7-1-2 「関連要素実証」の質疑：

- ・ファンにおいて、ノイズへの影響やそのレベルに関して、第三期で設計変更したが低騒音設計への影響は如何との質問あり。これに対して、ファンと OGV の距離は変わっているが、ファンの低騒音化設計をする上で大事なことは、ファンと OGV の距離ではなくて、動翼の軸コード長、あるいは動翼の翼厚さに対する静翼の比のような関係で決まるため、低騒音化設計の観点では、第 2 期と第 3 期で設計は変わっていない。このため、騒音への影響はないという評価をしたとの回答があった。

- ・圧縮機の 6 段から 9 段への変更は、全部設計変更したのかとの質問あり。これに対して、全て変更した。第 2 期の研究成果がベースだが同じ部品はないとの回答があった。

- ・圧縮機最終段翼高さを他機種と比較（スライド 5）する意味について質問あり。これに対して、小型軸流圧縮機の限界に挑戦し、軽量化、シンプル化できたことを説明するためとの回答があった。

- ・CFD の役割は重要と思われるが、もし CFD がなかったらそれに変わるものがあったかとの質問あり。これに対して、以前は 2D で翼設計していたが、CFD の利用により 3D での翼設計が可能となり、効率向上やロス診断もできるようになった点が大きいとの回答があった。

資料 7-2 「耐久性評価技術」、7-3 「耐空性適合技術」の質疑：

- ・「耐空性適合化」の意味に関する質問があった。これに対して、“Air Certification”（耐空性証明）と称しているもので、飛行機が空を飛んでよいという当局のお墨付きであり、航空機法令上の要求であるとの回答があった。

・寿命予測計算は、経験値や仮定を入れているため、何でも合う。論文化して第三者からお墨付きを取る必要があるのでは。CFDと同じ使い方で設計に反映できたという説明を期待していたのだが。との質問あり。これに対して、学会などの公の場で発表している。クーボン試験の結果を実機設計に当て嵌めると実際の現象が説明できたということで、合わせ込んでいる訳ではない。との回答があった。

・CFDの乱流計算でも同じ問題がある。CFDがよいと評価されていても、定数を仮定・チューニングし実際の現象にあえば、良い結果と見なしている、と認識しているとのコメントあり。実施者から、CFDは自社開発して使用しているが、やはり試験データをキャリブレーションで合わせ込んでCFDを利用しているとのコメントあり。

【非公開セッション】

6-3 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み

7. 全体を通しての質疑

【公開セッション】

8. まとめ・講評

各委員から、以下の講評があった。

・山崎委員：

非常に順調に進んだことをうれしく思う。達成度が、ほとんど丸印で、もう少し積極的に二重丸をつけてもいい技術もあるのではと思う。例えば摩擦接合はこれから、日本の中で航空機産業を残していくためには必要な技術だろうと思う。その点から、もう少し積極的に二重丸をつけるような評価をしてもよかったのでは。いずれにしても、デモエンジンはできなかったが、非常にいい成果が出せたことを、ご苦労さまと申し上げたい。

・森本委員：

これまでの長年にわたるこの研究に、心から敬意を表したい。エンジニアリング的なアウトプットも、今後の波及効果も含めて非常に期待できるものだと思う。一方で気になったのが、市場調査に関し、費用対効果等も含めて、もう少し精査の余地はあったと思う。DOCの考え方の導入は、非常にユーザーとしてありがたい。ただ、エアラインとクロストークしていたからには、もうちょっとエアラインサイドに立ったメッシュで見えるとよかったと思う。今後は、ここでつくり上げた高压系の技術を中心に、いろいろな展開を期待したい。

感想として、あまり事業化に囚われずに、今回の数値的な検証を実際のエンジンを製作・回して実施できたら、もっともっとエンジニアの研究成果として付加価値がついたと思う。お金の問題もあるので、ないものねだりではあるが、そういう感想を持ったぐらい素晴らしい研究だと思った。

・船崎委員：

私も同様な感想であるが、最初にこの事業推進に携わられた多くの方々のご苦労に敬意を表したい。このHYPR、ESPRに続いての小型エコで、デモ機をつくるんだという熱意の中で中間評価をした。その中で、DOCという形で少し差別化を持たせたエンジンの開発に、中間評価の段階と同様、非常に感銘を受けた。その後の社会情勢の変化によって、燃費重視に方向性も変わり、デモ機という非常に夢のあるものが残念ながら実現できなかったとはいえ、やはりこのプロジェクトを経て得られたものは非常に大きかったと思う。この分野に少しでも携わる者として、積極的に、得られた成果を発信し、また今後のエンジン開発に展

開していただきたい。その努力が今後の、また新しいエンジン開発の国民の熱意に転じていくことを期待している。

また、ゲームチェンジャーになり得るのはやはり製造技術であることを、この間の見学も通じて深く感じた。国内の中でいろいろな関連の製造技術に携わっている会社等、いわゆるオール・ジャパンでこの部分を支えていくことが必要で、それが今後の日本の技術の生きる道にもなると思う。この製造技術を高めて、それを航空分野の中でさらに生かしていけるようにうまい循環をつくっていくことが今後の日本の戦略になると思う。今回そのような結果も多く出ていたので、非常に感銘した。

・岡部委員：

非常に多岐にわたって検討しており、大変感銘を受けた。以下3つの点で、このNEDOプロジェクトで成果が出たと思う。

第1点は、①DOCという評価概念を導入したことで、②ノイズ、③NO_xの低減という、この3つの評価指標を低減することの重要性を明確にし、150席級用への適用可能性まで検討できそうだということは、非常に波及効果としてあり、これは②、③に行くほど重要だと思う。

第2点は、CAEをかなり積極的に導入したと。計算機や援用工学を、特に航空機分野で、多岐にわたってこれだけ積極的に導入した例はなかなかないのではないかと。それによって納期、コストの低減につながりそうだということ。

第3点目が最も重要と感じているが、1つの会社からこれだけ多くの実施者がNEDO報告会に出席するのは、もう完全なる人材育成に繋がったのではないかと思う。IHIは日頃よりプロジェクトに非常に真摯に、全社を挙げて同じ方向を向いて取り組んだことが、いつの日か必ず結実すると感じた。

・辻川分科会長代理：

中間評価をしたときは4年経過後ぐらいで、その時点では、先がどうなるか心配した覚えがあった。今日の報告を聞いて、後6年の長きにわたって、非常に成熟した技術を獲得されたなという印象を受けた。特に、IHIの国際共同開発というバックグラウンドもあって、かつDOCという新しい評価の視点をエンジン全体に取り入れたということで、非常に感銘を受けた。

中間評価のときにもデモ機はどうなんだろうというような感じだったが、最終的にデモ機をつくられないということになったので、少し残念だ。コストを削減するのに、例えばオーバーホールとか組み立て手順とか、その辺まで非常に検討されているので、やはり最終的には物ができたらよかったとの感想を受けた。このプロジェクトを通じて、参画されたIHI、KHI、MHIの3社は、非常に人材育成につながっているのかなという感想を受けた。私も大学に籍を置いていたので、是非この成果を宣伝して頂いて、我々航空宇宙工学の学生がぜひIHIへ行ってみようというような気が起こるような成果報告を是非してほしいと思う。

・久保田分科会長：

5、6年前か、総合科学技術会議（政府組織）で、第4期科学技術基本計画から1つはイノベーションという立場、もう1つはグリーンテクノロジー、環境ということになってきた。まさにこのエコエンジンは、イノベーション。それと環境適合を先取りしていた技術と思う。これが実際に使われることになれば、まさに狙ったとおりの日本の第4期科学技術基本計画を表していると思う。

開発スパンが長くて、その間に、最初に始めた技術は、開発の終わりぐらいになるとだんだん古くなっていくのが普通。それが色褪せないで、どんどん更新してやっているのは、非常に素晴らしい。これはきっとNEDOの目の付け所もよかったのかもしれない。NEDOと実施者と両方うまくいっている例ではないか。皆さんおっしゃるように、これが実用化されて事業化されていけば、申し分ないプロジェクトではないかと

思う。

今回の開発費は166億円と記憶している。エコエンジンがそれだけのものになるかどうかは、これからどうやって生かしていくかにかかっている。だからいろいろな技術ができてきて、これを生かして事業化していけば、決して高いものではなかったと言えるように、これからしていただきたい、との感想です。

9. 今後の予定

10. 閉会

以上