

航空機関連プロジェクト（2）
事後評価報告書
（案）

平成28年3月

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ

事後評価報告書概要

事後評価報告書概要

| | |
|---------|------------------|
| プロジェクト名 | 1 炭素繊維複合材成形技術開発 |
| 上位施策名 | ものづくり産業振興 |
| 担当課 | 製造産業局 航空機武器宇宙産業課 |

プロジェクトの目的・概要

メタル材に比べ軽量である炭素繊維複合材を用いた部材・製品の普及を図る為、強度・品質安定性を保持しつつ複雑な設備を要しない炭素繊維複合材成形技術（VaRTM 成形技術）開発や、従来プリプレグ材を用いた成形方法の高度化技術開発等を実施し、小型航空機サイズの試作機（供試体）による実証を通じて当該技術を確立する。

予算額等（補助）

（単位：千円）

| 開始年度 | 終了年度 | 中間評価時期 | 事後評価時期 | 事業実施主体 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 平成20年度 | 平成26年度 | 平成24年度 | 平成27年度 | 三菱航空機(株) |
| H24FY 予算額 | H25FY 予算額 | H26FY 予算額 | 総予算額 | 総執行額 |
| 1,158,000 | 54,000 | 64,000 | 6,977,000 | 6,977,000 |

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

| 個別要素技術 | 目標・指標 | 成果 | 達成度 |
|-------------------------|---------------------------------|--|-----|
| (1) VaRTM 材料仕様の設定 | 材料特性試験を完了し材料仕様を確立する。 | VaRTM の材料スペックについて航空局に規定適合性証明計画と共に、三種の材料スペックについて審査いただき、内容について合意を得た。 | 達成 |
| (2) VaRTM プロセスの製造安定性確立 | プロセススペックを制定するとともに、製造時欠陥影響を確認する。 | 成形プロセスや NDI プロセスについて、各種成形・評価試験を実施し、スペックにフィードバックをかけ、大きなリスクはないことを確認した。 | 達成 |
| (3) 実大規模の供試体設計のための設計許容値 | 試験により設定した許容値に対する低下リスクを排除する。 | 設定した VaRTM 尾翼桁間仕様の中で大きな強度低下リスクのあった、インパクト付与後のパネル強 | 達成 |

| | | | |
|-------------------|---|-----------------------------------|----|
| 確立 | | 度や二軸荷重試験で許容値に大きく影響を与えないことを確認した。 | |
| (4) 実大規模での技術成立性実証 | 小型航空機サイズの試作機（供試体）を製作し、開発した成形法の成立性・妥当性を最終検証する。 | 周辺構造との関連も含め実大実証の基になる尾翼設計仕様を設定できた。 | 達成 |

(2) 目標及び計画の変更の有無

なし

< 共通指標 >

| 論文数 | 論文の被引用度数 | 特許等件数（出願を含む） | 特許権の実施件数 | ライセンス供与数 | 取得ライセンス料 | 国際標準への寄与 |
|-----|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | - | 13 | 0 | 0 | 0 | - |

評価概要

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

我が国の得意とする炭素繊維複合材技術の更なる発展につながる事業であり、国際競争力の維持・向上、また長期にわたる開発リスクの緩和という観点から、国の関与の必要性が認められる。複合材の脱オートクレーブの流れにも合致するものである。

なお、生産効率の向上、知財の蓄積・活用のための体制作り等についても引き続き検討すべきである。

2. 研究開発等の目標の妥当性

航空機の経済性という付加価値を左右する重量軽減を達成目標とし、その目標の達成により燃費改善を目指している点は適切である。

なお、将来の波及効果をにらんだ他分野適用に役立つような目標については不明確である。また、認証取得についても検討するとともに、軽量化、生産コスト低減目標についても明確化すべきである。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

材料仕様設定、製造安定性、設計許容値確立、実大規模実証と実用化に必要な領域をカバーできている。また、目標としていた重量軽減を上回る成果が得られたと考えられる。

今後は、大量生産時の品質維持などの面での更なる努力を期待する一方、海外の動向なども踏まえ、本技術を活用した我が国航空機産業の目指す方向性を明確にしていくべきである。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

実用化の目処はついており、今後も自動車等他分野含めた着実な事業化を実施して欲しい。また引き続き、仕様、許容値設定、実証等や知財整理を継続いただきたい。

なお、波及シナリオは考えられているものの、VaRTM 特有の優位性や、競合技術に対する優位性の整

理等も踏まえ、更に詳細な検討を継続していただきたい。また、多様な出口戦略を考えると、規模の拡大についても検討いただきたい。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

目標は達成されており、適切な開発計画、体制であったと認められる。

なお、今後起こり得るリスクに備えた体制を維持できるよう努力を継続いただくとともに、脱オートクレーブ技術を組み込んだ次世代尾翼、主翼等の開発プログラムについても検討いただきたい。

6. 総合評価

輸送機械の発展に極めて有効な目標を立て、目標とした成果を達成したという点で、優れていると評価される。航空機のみならず、自動車などへの波及効果は大きいと考えられる。

なお、今後も幅広い輸送機械に適用拡大できるよう努めていただきたい。また、厚みのある製品量産・品質確立ができるよう、引き続き努力いただきたい。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

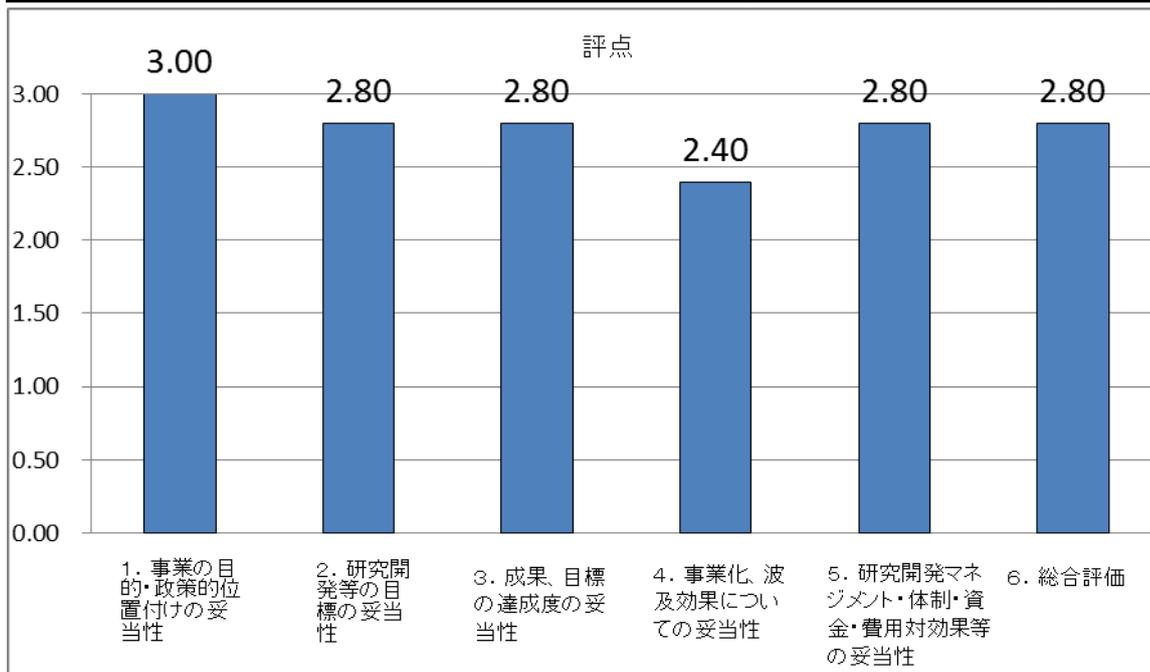
大型部材の量産・品質確立に向けた取組を継続いただきたい。また、航空機以外の分野への適用も含めて、事業化戦略を構築いただきたい。その際、重量軽減のみならず、製造コスト・工期の低減についても、目標を明確にする必要があると考えられる。認証、標準化においても、日本の基準が採用されるような戦略的アプローチを検討いただきたい。

評点結果

評点法による評点結果

(1 炭素繊維複合材成形技術開発)

| | 評点 | A 委員 | B 委員 | C 委員 | D 委員 | E 委員 |
|--------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性 | 3.00 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2. 研究開発等の目標の妥当性 | 2.80 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 3. 成果、目標の達成度の妥当性 | 2.80 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 4. 事業化、波及効果についての妥当性 | 2.40 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| 5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性 | 2.80 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 6. 総合評価 | 2.80 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |



【評価項目の判定基準】

評価項目1～5

3点:非常に重要又は非常によい

2点:重要又はよい

1点:概ね妥当

0点:妥当でない

6. 総合評価

3点:実施された事業は、優れていた。

2点:実施された事業は、良かった。

1点:実施された事業は、成果等が今一步のところがあった。

0点:実施された事業は、成果等が極めて不十分であった。

| | |
|---------|-----------------------------------|
| プロジェクト名 | 2 航空機用先進システム基盤技術開発（耐雷・帯電特性解析技術開発） |
| 上位施策名 | ものづくり産業振興 |
| 担当課 | 製造産業局 航空機武器宇宙産業課 |

プロジェクトの目的・概要

従来、航空機の設計においては、落雷・帯電等によりスパークが発生して燃料引火に至ることが無いよう、防爆性の確保には十分に配慮をしてきた。ところが近年、低燃費化や環境適合性のための機体軽量化を狙った炭素繊維複合材料の適用拡大が進み、防爆性の確保という点で従来の金属構造の設計と異なる技術課題が浮上してきている。そこで、本事業では航空機構造における落雷／帯電等の電氣的現象とその影響を、解析および実験により調査解明し、複合材料を適用した将来航空機の安全性を確保するための耐雷・防爆技術を確立することを目的とする。

予算額等（委託費）

（単位：千円）

| 開始年度 | 終了年度 | 中間評価時期 | 事後評価時期 | 事業実施主体 |
|-----------|-----------|-----------|---------|----------|
| 平成22年度 | 平成26年度 | 平成24年度 | 平成27年度 | 富士重工業(株) |
| H24FY 予算額 | H25FY 予算額 | H26FY 予算額 | 総予算額 | 総執行額 |
| 110,000 | 190,500 | 173,600 | 654,000 | 654,000 |

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

| 個別要素技術 | 目標・指標 | 成果 | 達成度 |
|--------------|---|---|-----|
| ① 解析手法の開発 | ①実大燃料タンク・システム供試体において従来開発手法と比し、開発時間を30%以上短縮する見通しを得る。 | ・翼胴結合供試体において試験と解析の比較検証を実施し、試験に対して誤差30%以内で解析が合うことを確認した。 これより、試験期間を30%以上低減できる見通しを得た。 | 達成 |
| | ②複雑な構造での電流経路及び放電部特定等の解析を可能とする解析ツール体系を確立する。 | ・複雑な電流経路をつくる複合材繊維の導電率の異方性を、層ごとに表現した解析手法を開発して検証した。 | 達成 |

| | | | |
|--------------|-------------------------------------|--|----------|
| | ③TRL5 相当 | ・複雑な電流経路をつくる複合材繊維の導電率の異方性を、層ごとに表現した解析手法を開発して検証した。 | 達成 |
| | ④国際標準への提案 | ・SAE 標準へ解析および試験法を報告したが、未だハイレベルの規定の見直しの最中であり、組織化には至っていない。 | 達成 |
| ② 放電現象の研究 | ①放電開始箇所および条件の確立。 | ・雷電流量と構造の接合方式の相関を試験にて確認し、放電開始しきい値としてまとめた。 ・試験でのデータ取得方法は FAA DER 有資格者のレビューを受け、妥当との評価を受けた。 | 達成 |
| | ②航空機燃料タンク部におけるスパーク発生の可能性がある放電原理の解明。 | ・構造の抵抗による電流密度と電位分布が主要な放電発生原因と特定した。 ・機体の各種構造部位での放電開始条件を試験にて確認した。 | 達成 |
| | ③放電検出技術の確立。 | ・放電光によるエネルギー分析手法を開発し、引火する恐れのある放電を探知する技術を開発した。 | 達成 |
| | ④国際標準への提案。 | ・標準化団体 SAE International へ放電探知標準の見直しを提案し、標準見直し活動が具体的に開始された。 | 達成 |
| ③ 帯電現象の研究 | ①航空機燃料タンク部におけるスパーク発生の可能性がある放電原理解明。 | 帯電による電位分布の発生原理を研究し、以下の成果を得た。 ・3次元での電荷移動原理を解明し、解析手法を開発した。燃料の帯電現象の傾向を推定可能となった。 ・燃料の流体運動を含めた電荷の移動を研究し、解析手法を開発した。流体運動が電位分布へ与える影響を推定可能となった。 ・艙装等を含む燃料タンク供試体を | 一部 達成 |

| | | | |
|--------------|---|--|----|
| | | 用いた帯電試験手法を開発した。 ・ただし、解析の主要パラメータである電荷の移動度の測定精度に課題が残り、精密な解析を得るには至っていない。 | |
| ④ 検証方法の検討 | ①炭素繊維複合材料の材料／構造の電気的特性の取得。 | ・構造および材料の導電率等のデータを得た。また、取得データを解析に適用し、有効性を確認した。 ・複合材繊維の異方性の影響を測定する手法を開発し、炭素繊維複合材の特性データを得た。 | 達成 |
| | ②実大燃料タンク・システム供試体にて耐雷／静電気防爆試験を実施し、解析結果を実証。 | ・機体に着雷した位置により、複数の雷電流経路が発生する。これら電流経路を燃料タンク部で再現する試験手法を開発した。試験にて電流経路が異なる場合の電流分布の傾向を取得した。 | 達成 |
| | ③国際標準化に向けた解析技術の証明方法の確立。 | ・試験方法および解析の検証法は、FAA DER 有資格者のレビューを受け、妥当な適合範囲との評価を受けた。 | 達成 |
| ⑤ 測定方法の開発 | ①炭素繊維複合材料の材料／構造の電気的特性の測定方法確立 | ・耐雷材と複合材の相関関係や、複合材繊維方向等の特性を測定可能とする供試体／治具を設計し、試験にて有効性を確認した。 | 達成 |

(2) 目標及び計画の変更の有無

なし

<共通指標>

| 論文数 | 論文の被引用度数 | 特許等件数 (出願を含む) | 特許権の実施件数 | ライセンス 供与数 | 取得ライセンス料 | 国際標準への寄与 |
|-----|----------|------------------|----------|--------------|----------|----------|
| 2 | 4 | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 |

評価概要

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

複合材料への落雷時の安全確保は、航空機への複合材料適用を拡大するためには非常に重要な技術であり、耐雷、帯電特性の解析等を実施する本事業は、国際競争力を高める上でも重点をおいて技術開発すべき位置付けにあると判断できる。

なお、事業目的については、完成機メーカーとの議論も必要であると考えられる。また、他分野への普及についても積極的に進めていただきたい。

2. 研究開発等の目標の妥当性

非常に難しいが安全上避けては通れない課題であり、必要な項目を体系的に構築、整理し、そこから明確な目標群を作り上げており、評価できる。目標設定により、基礎的な研究の積み上げがなされている。実大の燃料タンク・システム供試体での検証が実施されている点についても評価できる。

なお、目標の項目が多過ぎるために、プロジェクトの進捗管理が煩雑にならないよう、今後、同種の計画を立てる際には今回得たノウハウを活用すべきである。また、競合技術等との関係を整理すべきである。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

多くの項目について目標通りの成果が得られているとともに、各種専門家から評価を受けており、また論文や発表、特許等に反映されている点が評価できる。また、国際標準への提案の取組についても評価できる。

なお、国際標準への提案では、外部組織による活動の中での提案という形になり、事業担当者の努力のみでは目標達成が容易ではないと考えられるが、計画立案段階から多方面の情報収集を行う必要性を認識すべきである。標準化の具体的な方法、手順が現時点では不明確な部分があるが、活動を継続し、実現していただきたい。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

事業化見通しの点で、将来航空機開発の流れと事業成果の適用の関係、ロードマップがきちんと整理されている。また、完成機メーカーとの連携強化が期待される。

なお、今後も事業化や標準化に向けた課題や道筋を明確にしていく必要性はある。また、他分野に適用する場合、安全設計等で期待される事項も異なると考えられることから、他分野の状況を把握する必要性もある。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

年度毎の計画進捗に合わせて、研究開発体制の見直しがきちんとなされ、効率的な事業運営がなされてきたと判断される。

なお、標準化団体の動向を把握する努力がなされてきた点は評価できるが、今後も多くの国際標準化活動が予定されているとのことであり、更なる取組を期待したい。また、一部達成となっている項目についても、引き続き検討を進めていただきたい。

6. 総合評価

本事業の成果は、我が国の今後の航空機開発の質を向上・維持するために重要であり、それに役立つ成果が得られたと評価できる。技術向上に確実につながっている。

なお、国際標準化については引き続き今後の努力を期待する。できる限り早急に実用化できるよう、引き続きの取組に期待したい。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

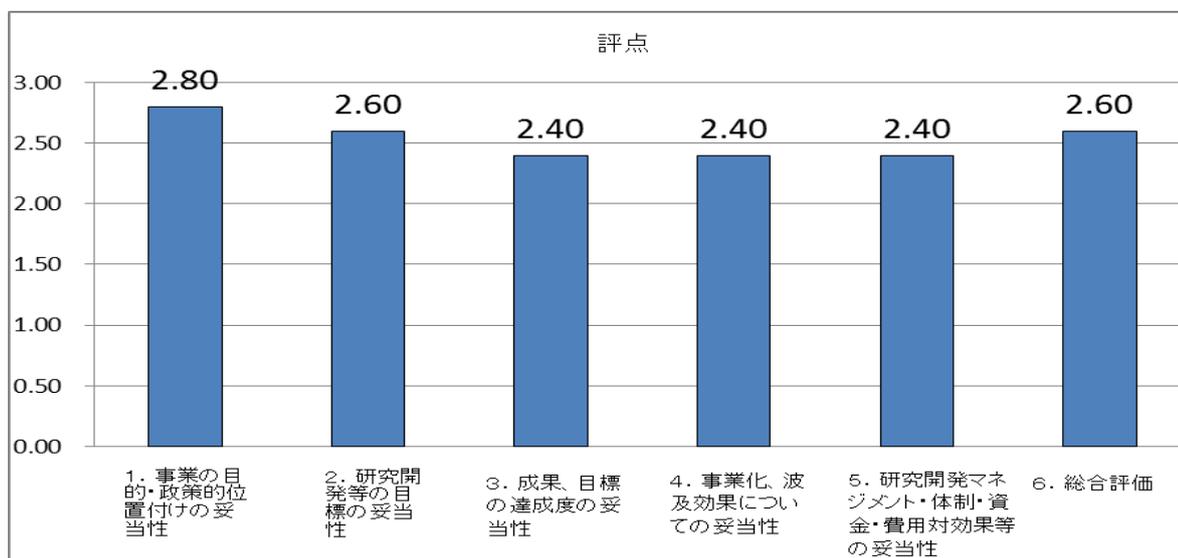
今後の航空機産業の国際競争力の向上、安全性向上に非常に重要な課題であり、取組は評価できる一方、研究開発の内容は基礎的段階でアカデミックなアプローチとなっていることから、実用化や国際標準化を含めた事業化の戦略について、更なる詳細な検討を実施していただきたい。この事業で得られた国際標準化活動の経験・ノウハウは、今後、他分野の事業でも生かされることが期待される。

評点結果

評点法による評点結果

(2 航空機用先進システム基盤技術開発(耐雷・帯電特性解析技術開発))

| | 評点 | A 委員 | B 委員 | C 委員 | D 委員 | E 委員 |
|--------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性 | 2.80 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| 2. 研究開発等の目標の妥当性 | 2.60 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 3. 成果、目標の達成度の妥当性 | 2.40 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 |
| 4. 事業化、波及効果についての妥当性 | 2.40 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| 5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性 | 2.40 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 |
| 6. 総合評価 | 2.60 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 |



【評価項目の判定基準】

評価項目 1～5

3点：非常に重要又は非常によい

2点：重要又はよい

1点：概ね妥当

0点：妥当でない

6. 総合評価

3点：実施された事業は、優れていた。

2点：実施された事業は、良かった。

1点：実施された事業は、成果等が今一步のところがあった。

0点：実施された事業は、成果等が極めて不十分であった。

| | |
|---------|------------------------------|
| プロジェクト名 | 3 航空機用先進システム基盤技術開発（革新的防除氷技術） |
| 上位施策名 | ものづくり産業振興 |
| 担当課 | 製造産業局 航空機武器宇宙産業課 |

プロジェクトの目的・概要

航空機にとって着氷と呼ばれる現象は飛行安全上、大変な脅威であり、死亡事故に繋がるケースも報告されている。その為航空会社は着氷に対し、既存の防除氷システムを利用する等、非常に大きな労力を払っている。航空機に搭載されている既存の防除氷システムが抱える主たる課題として、安全性、燃費効率、環境問題の3点が挙げられる

省エネルギーな新たな防除氷技術開発を世界に先駆けて取り組み、信頼性が高く、経済性に優れた、革新的防除氷システムのコンセプトを実現させることを目指す。

予算額等（委託）

（単位：千円）

| 開始年度 | 終了年度 | 中間評価時期 | 事後評価時期 | 事業実施主体 |
|-----------|-----------|-----------|---------|----------|
| 平成24年度 | 平成26年度 | — | 平成27年度 | 富士重工業（株） |
| H24FY 予算額 | H25FY 予算額 | H26FY 予算額 | 総予算額 | 総執行額 |
| 38,000 | 38,000 | 37,000 | 113,000 | 113,000 |

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

| 個別要素技術 | 目標・指標 | 成果 | 達成度 |
|---------------------------------|--|---|-----|
| 省エネルギーな革新的防除氷システムコンセプトの有効性を実証する | 防除氷コーティング、防除氷装置、及び着氷センサを組み合わせた革新的な防除氷システムのコンセプトを立案し、各種地上試験にて、その有効性を実証する。 | 翼最前縁部に高耐久性塗料を、それより後縁部に超撥水性コーティングを適用するという Dual surface※1 と、電熱ヒータによる除氷システムとを組み合わせた革新的な防除氷システムを提案し、風洞試験にて、7割の消費電力低減が可能なることを実証した。 | 達成 |
| 防除氷コーティングの耐久性を向上する | 撥水特性： ・接触角 > 130° ・転落角 < 10° 耐久性： ・レインエロージョン試験後撥水性を維持していること。 | 開発品の撥水特性： ・接触角 = 154.1° ・転落角 = 4.2° 耐久性： ・レインエロージョン試験後の撥水性に変化は見られず、高い耐久性を確認した。 | 達成 |

| | | | |
|--|---|---|----|
| 防除氷システムの地上評価を可能とする試験法、及び、規定の着氷現象を再現できる試験法を設定する | 防除氷コーティングの標準的な評価法、及び、米国耐空性審査基準(1)の着氷条件を再現できる信頼性の高い試験法設定する | 防除氷コーティングの特性を評価するための評価法を設定すると共に、米国航空規格に基づく着氷条件を設定できる風洞試験法を設定した。 | 達成 |
|--|---|---|----|

(2) 目標及び計画の変更の有無

なし

<共通指標>

| 論文数 | 論文の被引用度数 | 特許等件数(出願を含む) | 特許権の実施件数 | ライセンス供与数 | 取得ライセンス料 | 国際標準への寄与 |
|-----|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

評価概要

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

着氷は航空機の安全性を阻害する重大な要因の一つであり、それを解決するために日欧共同研究の枠組みを活用して実施された本事業は、本分野で我が国が航空機システム開発に参入するために有効なものであったと判断される。

なお、事業終了後も欧州サイドと研究協力を継続することが可能であれば、着氷分野での我が国の貢献につながると考えられる。一方、欧米での防氷・着氷の競合技術に対する優位性の明確化が望まれる。また、メンテナンス性にまで踏み込んだ検討がなされると更に良い。

2. 研究開発等の目標の妥当性

現状に対する的確な分析に基づき、目標とする項目を立案し、定量的な目標も含みながら明確な事業の指標が立てられている。また、日欧の役割分担についても明確となっている。防除氷コーティングと電熱システムの組合せによる省電力の実現と、着氷の課題を通じて航空機の塗装をシステムで考えるきっかけを与えた点は評価できる。

なお、第三者から見た際にも、得られる効果がわかりやすい目標設定とするとより良い。また、事業化に向けた更なる検討が必要と考えられる。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

撥氷特性については、目標を上回る成果が得られており、評価できる。

なお、実運用に向けては、事業化の方向性を明確にしつつ、エアラインの整備コスト等長期的な視点から、耐久性の更なる性能向上の必要性等を検討いただきたい。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

事業化に向けた計画が立てられており、また様々な産業分野での波及効果が見込まれる。

なお、事業化、波及効果ともに、今後も継続した検討をお願いしたい。また、試験法等の標準化のアプローチを明確にすることが望まれる。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

国際共同研究の面でも的確な情報共有を行っており、本事業の実施体制も適切である。また、今後計画されている飛行実証に期待したい。

航空機の安全性に大きく関わる分野であり、今後も常に世界の情勢を注視いただきたい。また、事業化に向けた欧州サイドの研究開発との統合等の方向性を明確にするよう検討を進めていただきたい。

6. 総合評価

航空機の安全性に非常に重要な分野であり、革新的なシステムを提案、着実にその効果を確認できたことは高く評価できる。また、航空機システム開発に参入する観点から日欧の共同研究としてもふさわしい取組である。

なお、欧州側の成果と組み合わせたシステム実証においても、確実に成果が得られるよう、検討を継続いただきたい。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

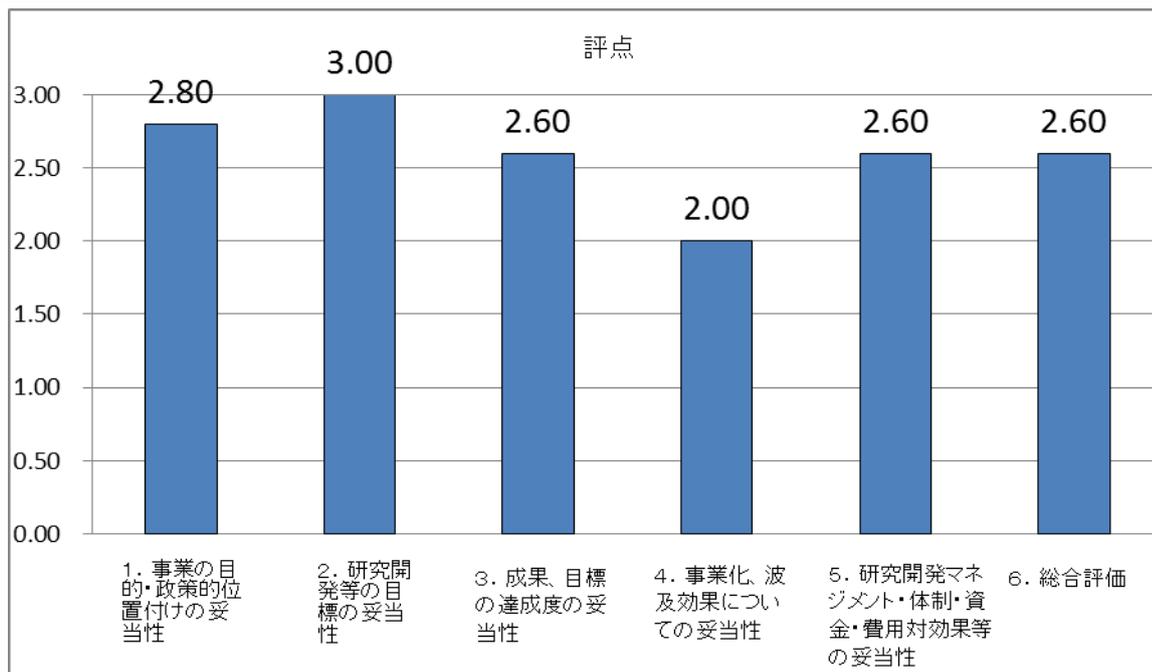
共同研究で得られた欧州サイドとのチャンネルを維持しつつ、今後の事業化戦略については、単独技術だけでなく、システムとしての開発、実証の検討を進めていただきたい。また、エアラインでの運用も考慮し、ビジネスモデルの検討を行うとともに、オペレータとの連携も検討いただきたい。本事業中で実施されていないエロージョン試験等は、引き続き取組を継続いただきたい。

評点結果

評点法による評点結果

(3 航空機用先進システム基盤技術開発(革新的防除氷技術))

| | 評点 | A 委員 | B 委員 | C 委員 | D 委員 | E 委員 |
|--------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性 | 2.80 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| 2. 研究開発等の目標の妥当性 | 3.00 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3. 成果、目標の達成度の妥当性 | 2.60 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| 4. 事業化、波及効果についての妥当性 | 2.00 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性 | 2.60 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| 6. 総合評価 | 2.60 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 |



【評価項目の判定基準】

評価項目1～5

3点:非常に重要又は非常によい

2点:重要又はよい

1点:概ね妥当

0点:妥当でない

6. 総合評価

3点:実施された事業は、優れていた。

2点:実施された事業は、良かった。

1点:実施された事業は、成果等が今一步のところがあった。

0点:実施された事業は、成果等が極めて不十分であった。

| | |
|---------|---------------------------------------|
| プロジェクト名 | 4 航空機用先進システム基盤技術開発（次世代航空機用降着システム技術開発） |
| 上位施策名 | ものづくり産業振興 |
| 担当課 | 製造産業局 航空機武器宇宙産業課 |

プロジェクトの目的・概要

次世代ブレーキシステムとして、磁性流体を磁界により磁化させてブレーキ力を発生させる電磁ブレーキを、地上走行システムとして、前脚ホイール内にモータを組み込んだ電動タキシングシステムを、それぞれ開発する。

予算額等（委託）

（単位：千円）

| 開始年度 | 終了年度 | 中間評価時期 | 事後評価時期 | 事業実施主体 |
|-----------|-----------|--------|---------|-----------|
| 平成25年度 | 平成26年度 | — | 平成27年度 | 住友精密工業(株) |
| H25FY 予算額 | H26FY 予算額 | — | 総予算額 | 総執行額 |
| 39,000 | 125,000 | — | 164,000 | 164,000 |

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

| 個別要素技術 | 目標・指標 | 成果 | 達成度 |
|-------------|------------------------------------|--|-----|
| 電磁ブレーキシステム | 電磁流体の基礎特性データを取得する。 | 電磁流体の磁化特性（与えた磁場の強さに対する磁化の度合い）と、回転速度・与えた磁場の強さに対する発生トルクの基礎特性データを取得した。 | 達成 |
| | ブレーキ試験供試体を設計、製作する。 | ブレーキ試験供試体を設計、製作した。 | 達成 |
| | ブレーキトルク確認試験を実施する。 | ブレーキ試験を実施し、実機サイズのディスク1枚のブレーキで得られるトルク値と、非使用時のトルクや発熱の傾向のデータを取得した。 | 達成 |
| 電動タキシングシステム | 使用するモータについて、形式のトレードオフスタディと基礎設計を行う。 | モータに必要な仕様を検討、設定した。モータ形式のトレードオフスタディを実施し、巻線界磁形フラックススイッチングモータが最適、との結論を得た。基礎設計を行い、仕様を満足するモータが設計できる目途を得た。 | 達成 |

| | | | |
|--|---|--|------|
| | <p>想定する機体を駆動できる出力をもち、前脚ホイール内に収まるモータ供試体を設計、製作する。</p> | <p>モータのプロトタイプを製作した。外径は目標を達成したが、長さは仕様を15mm越え、出力は現時点で仕様の94%と、目標に到達していない。</p> <p>目標出力に到達しなかったのはモータがセンサに及ぼすノイズが原因である事が判明しており、センサをモータから離すと共に間に非磁性材料をはさむ事で解決できる目途がついている。これにより寸法が目標を上回ったが、将来はセンサの小型化により目標寸法を満たしつつ目標出力を発揮できるモータが製作できる見通しを得ている。</p> | 一部達成 |
| | <p>走行状態を模擬した試験を実施する。</p> | <p>3年間で想定していた研究開発が2年間で終了したため、走行模擬試験は未実施である。</p> | 未達成 |

(2) 目標及び計画の変更の有無

無し

<共通指標>

| 論文数 | 論文の被引用度数 | 特許等件数 (出願を含む) | 特許権の実施件数 | ライセンス 供与数 | 取得ライ センス料 | 国際標準へ の寄与 |
|-----|----------|------------------|----------|--------------|--------------|--------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

評価概要

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

我が国が国際的に競争できる降着システムにおける、ユニークかつチャレンジングなテーマであり、航空機システム分野の発展に寄与する可能性があるという点から高く評価できる。

なお、電動タキシングシステムは世界的に多くの機関で研究開発が実施されており、差別化は必要と考えられる。

2. 研究開発等の目標の妥当性

電磁ブレーキの適用に関しては、基礎特性から着実に調べる必要があり、目標は妥当。また、電動タキシングシステムについても、環境負荷低減に資する重要な技術開発であると認められる。

なお、電動タキシングについては、電力の供給方法や重量の問題にも留意しつつ、研究開発の加速が望まれる。電磁ブレーキについては、ブレーキ非使用時の抵抗についての目標値設定や、重量に対する目標値を検討すべき。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

電磁ブレーキシステムに関しては、目標とした基礎特性の取得及び試作を完了している点は評価されるとともに、継続的な研究が期待される。電動タキシングについても、ホイール内蔵型モータの開発が着実に実施されていると評価できる。

なお、電動タキシングについては、全ての項目を達成した訳ではないが、継続研究による達成を期待したい。また、前脚だけでなく、メインギアの電動化の必要性の検討が望まれる。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

事業化に向けた長期的な計画が明確にされている点や、試験供試体で着実に成果が確認されている点は評価できる。電磁ブレーキについては、航空機に限らない波及効果の検討を行っていただきたい。

なお、今後も想定している長期的な事業計画は着実に実施いただきたい。競合他社の動向分析を実施するとともに、新造機、レトロフィットともに認証取得に早めに取り組むべきである。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

計画は現実的なもので適切であり、各専門分野での確な再委託や外注を行う体制となっており、適切な実施体制であると判断される。

なお、更に取り組を強化するために、研究機関や航空機メーカー、エアラインとの連携も検討するべきである。また、長期の事業計画であり、情勢の変化には常に注意を払っていただきたい。

6. 総合評価

電磁ブレーキについては、全く新しいアイデアを実用化する事業であり、基礎的な特性については確認ができている点は評価できる。今後の更なる発展が期待される。

なお、電動タキシングについては、それ自身の消費する電気エネルギーや重量増加など、燃費改善とのバランスを踏まえた検討が必要である。事業化については、より具体的検討が望まれる。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

電磁ブレーキについては、全く新たなアイデアであり、長期的な視点に立って研究開発を継続していただきたい。技術的に基礎段階だが、運用データ取得の必要性もあると考えられ、できるだけ早い段階で実証試験にもっていくことが重要であることから、スケジュールの前倒しが望まれる。ブレーキ非使用時の抵抗については、目標値の設定を検討いただきたい。

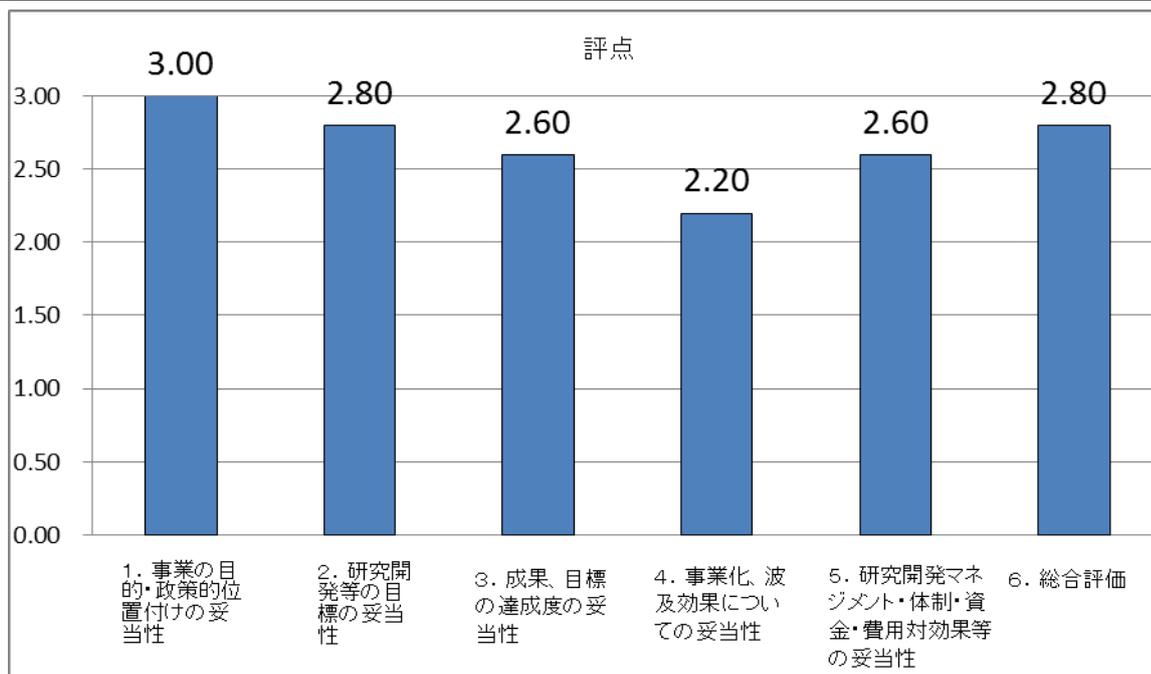
また、電動タキシングについては、航空機全体の電動化の流れと整合的であり、引き続き総合的に取り組むべき技術課題である。消費電力、重量の増加と燃費改善がトレードオフの関係にあり、その点を踏まえた検討は必要である。事業化に向けては、認証取得のために機体メーカーやエアラインとの連携を図るとともに、メインギアへの適用や、その他装置の電動化との統合システムについても検討を行っていただきたい。事業化のタイミングは、開発の進捗状況も踏まえつつ、電磁ブレーキとは別途、できる限りのスケジュールの前倒しが望まれる。

評点結果

評点法による評点結果

(4 航空機用先進システム基盤技術開発(次世代航空機用降着システム技術開発))

| | 評点 | A 委員 | B 委員 | C 委員 | D 委員 | E 委員 |
|--------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性 | 3.00 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2. 研究開発等の目標の妥当性 | 2.80 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 3. 成果、目標の達成度の妥当性 | 2.60 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 4. 事業化、波及効果についての妥当性 | 2.20 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性 | 2.60 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 6. 総合評価 | 2.80 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 |



【評価項目の判定基準】

評価項目1～5

3点:非常に重要又は非常によい

2点:重要又はよい

1点:概ね妥当

0点:妥当でない

6. 総合評価

3点:実施された事業は、優れていた。

2点:実施された事業は、良かった。

1点:実施された事業は、成果等が今一步のところがあった。

0点:実施された事業は、成果等が極めて不十分であった。

| | |
|---------|-------------------------------------|
| プロジェクト名 | 5 航空機用先進システム基盤技術開発（次世代航空機エンジン用冷却装置） |
| 上位施策名 | ものづくり産業振興 |
| 担当課 | 製造産業局 航空機武器宇宙産業課 |

プロジェクトの目的・概要

次世代航空機エンジン用潤滑油冷却装置 Advanced Structural Surface Cooler (ASSC) を開発する。ASSC の基となる技術はサーフェスクーラーと呼ばれている熱交換器である。サーフェスクーラーとは、熱交換器の内部を流れるエンジンの潤滑油をその表面に流れるファン・エアによって適切な温度に保つタイプの熱交換器である。なお、サーフェスクーラーは従来エンジン外周のファンケースに搭載されているが、Advanced Structural Surface Cooler は、従来のファンケースからエンジン本体の外殻を構成するコアフェアリングに搭載して従来と同等の性能を有する「コアフェアリングと一体化された熱交換器」を設計・製造することで、ファンケース重量を低減し燃費向上及びエミッション低減を可能とし、航空機の CO2/NOx 排出量低減、騒音低減及び燃料消費率低減を図ることを事業目的とする。

予算額等（委託）

（単位：千円）

| 開始年度 | 終了年度 | 中間評価時期 | 事後評価時期 | 事業実施主体 |
|-----------|-----------|-----------|--------|-----------|
| 平成24年度 | 平成26年度 | — | 平成27年度 | 住友精密工業(株) |
| H24FY 予算額 | H25FY 予算額 | H26FY 予算額 | 総予算額 | 総執行額 |
| 6,000 | 40,000 | 40,000 | 86,000 | 86,000 |

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

| 要素技術 | 目標・指標 | 成果 | 達成度 |
|----------------------------------|---|--|------|
| ASSC の試作 設計技術 試験技術 製造技術 | Rolls-Royce社が、Clean Sky Project で進めているLarge 3-Shaft ALPS Demonstratorエンジンに搭載可能なASSCの試作品を製作する。 | ASSC の試作品を製作し ASSC 単体での性能、強度に関する試験を実施しエンジン搭載可能なレベルであることを確認した。 Rolls-Royce 社の Large 3-Shaft ALPS Demonstrator エンジンに試作した ASSC を搭載し、技術実証を完了した。 | 達成 |
| | 製品重量9.75kg以下を達成する。 | 試作品を設計製造し製品重量13kgであることを確認した。目標重量に達成していないが、振動環境 | 一部達成 |

| | | | |
|-----------------------|---|--|------|
| | | 下における強度、及び油通路の圧力強度にはマージン（安全率）を残しており、今後、強度と重量のトレードオフスタディによる最適化で軽量化を図る。 | |
| | 離陸時の熱交換性能58.55KWを達成する。 巡航時の熱交換性能35.35KWを達成する。 | 製品単体試験で、離陸時の熱交換性能 31.34KW を確認した。 巡航時の熱交換性能 13.84KW を確認した。 目標熱交換性能に達していないが、数値解析による調査により空気側の冷却フィンの性能向上に資する種々の知見と冷却性能の向上を図るための設計指針を得ることができており、今後、空気冷却フィンの最適化により熱交換性能の向上を図る。 | 一部達成 |
| | 潤滑油が120℃、流量2.335lb/s流れた時の圧力損失34psid以下を達成する。 | 製品単体試験で、潤滑油が 120℃、流量 2.335lb/s 流れた時の圧力損失は 34psid 以下を達成した。 | 達成 |
| | 圧力サイクル 610psig ⇔ 0psig × 120,000回に耐える構造を達成する。 | 試作品単体試験で圧力サイクル 610psig⇔0psig×120,000 回の試験に供しクリアした。 | 達成 |
| | 40Gの振動レベルに耐える構造を達成する。 | 試作品単体試験で 40G レベルの振動試験に供しクリアした。 | 達成 |
| ASSC の熱交換性能計算プログラムの開発 | 様々な環境条件におけるASSCの熱交換性能について精度を持って予想できる計算プログラムを開発する。 | 数値流体解析により得られた空気側冷却フィンの伝熱特性に関連する流れ場の知見と、試作した ASSC による熱交換性能試験の結果から ASSC の熱交換性能計算プログラムを改善し計算精度を向上させることができた。 | 達成 |
| 空気冷却フィンの高性能化検討 | 数値流体解析により空気フィンの最適設計を可能にする基礎的な知見を得る。 | 様々な冷却フィン形状について流れ場の検討と冷却性能の比較考察を行った。これらの結果から、冷却フィンの放熱性能向上に資する種々の知見を獲得するとともに、冷却性能の向上を図るための設計指針を得ることができた。 | 達成 |

(2) 目標及び計画の変更の有無

なし

<共通指標>

| 論文数 | 論文の 被引用度数 | 特許等件数 (出願を含む) | 特許権の 実施件数 | ライセンス 供与数 | 取得ライセ ンス料 | 国際標準へ の寄与 |
|-----|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

評価概要

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

ファンケース重量を低減し、燃費向上とエミッション低減を目指すという考えは理解できる。また、日欧共同研究で技術的優位性を伸ばす取組は評価できる。

なお、サーフェス・クーラーをコア・フェアリングに移すことについての定量的な利点、また波及効果については更なる検討が必要である。

2. 研究開発等の目標の妥当性

エネルギー効率、燃費に直結する重要な課題である。エンジンメーカーとの協議の上で、事業化を前提として具体的に個々の目標を設定している点は、計画的であり評価できる。

個々の目標達成と、事業目的の達成の関係については、更なる明確化が必要である。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

次世代の航空機エンジンに向けて、日本の要素技術の強みとなるものであり、重要課題にしっかりと取り組み、多くの目標を達成した点は評価できる。

なお、一部未達成となっている項目については、今後も達成に向けた努力を継続いただきたい。熱交換性能の向上については、引き続き、より具体的な検証が望まれる。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

共同研究先との調整がしっかり行われており、事業化に向けての展望が明確となっている点は評価できる。汎用性、波及効果については、更なる検討が期待される。

なお、今回の事業で想定しているものとは異なるクラスのエンジンに応用するための技術的検討も継続いただきたい。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

開発体制は、問題無く構築されていたと評価できる。

今後も、常に情勢変化に対する注視を継続いただきたい。また、熱交換システム事業の更なる育成のためには、産学官で幅広く裾野を広げた体制が望まれる。

6. 総合評価

サーフェス・クーラーの着実な開発が実施されたと考えられる。エンジンの高性能化に寄与する事業であり、優れた取組であったと評価できる。

なお、目標設定については、定量的な視点から更なる明確化を図っていただきたい。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

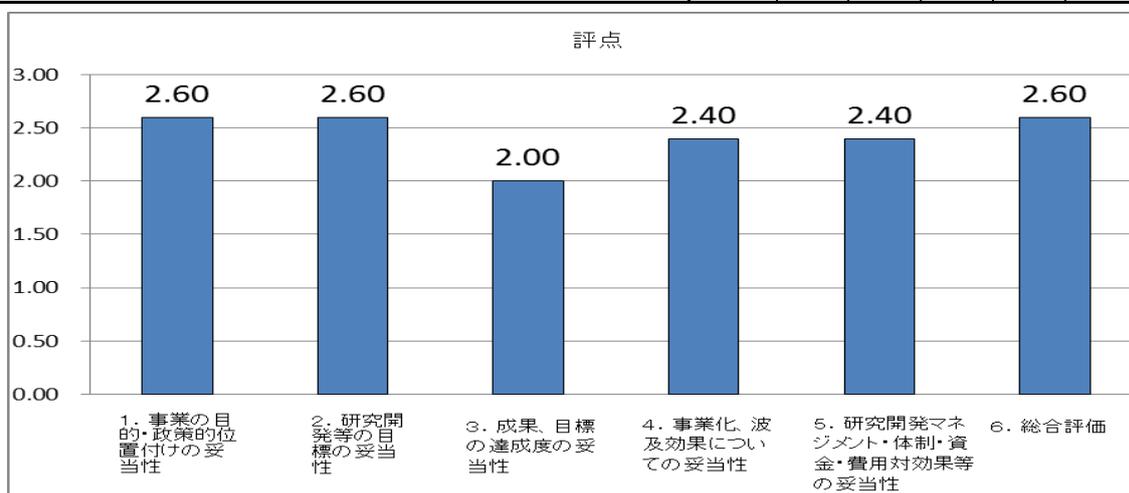
今後のエンジン高性能化において、熱交換システムの開発は有意義であるが、エンジン全体、航空機全体に与える定量的効果については、引き続き詳細な検討をお願いしたい。今後の事業化については、サーフェス・クーラーから始めてより大きなシステムに参入するための戦略について、引き続き検討を行っていただきたい。また、他のエンジンメーカーへの展開可能性も踏まえ、知財の確保等には留意いただきたい。熱交換性能の向上については、今後も具体的分析に基づいた改良が望まれる。

評点結果

評点法による評点結果

(5 航空機用先進システム基盤技術開発(次世代航空機エンジン用冷却装置))

| | 評点 | A 委員 | B 委員 | C 委員 | D 委員 | E 委員 |
|--------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性 | 2.60 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| 2. 研究開発等の目標の妥当性 | 2.60 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| 3. 成果、目標の達成度の妥当性 | 2.00 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 4. 事業化、波及効果についての妥当性 | 2.40 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| 5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性 | 2.40 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| 6. 総合評価 | 2.60 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 |



【評価項目の判定基準】

評価項目1～5

3点:非常に重要又は非常によい

2点:重要又はよい

1点:概ね妥当

0点:妥当でない

6. 総合評価

3点:実施された事業は、優れていた。

2点:実施された事業は、良かった。

1点:実施された事業は、成果等が今一步のところがあった。

0点:実施された事業は、成果等が極めて不十分であった。