

次世代航空機用構造部材創製・加工技術開発
プロジェクト評価（中間）報告書（案）

平成 1 8 年 5 月

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化を図り、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を諮るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成17年3月29日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成17年4月1日改定）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施している、「次世代航空機用構造部材創製・加工技術開発」プロジェクトは、昨今増加傾向にある運輸部門におけるエネルギー需要への対策の一環として、複合材料及び金属材料についての革新的な部材創製技術を確立することで、航空機、高速車両等の輸送機器への先進材料の本格導入を加速させ、更なる運輸部門の飛躍的なエネルギーの仕様の合理化を実現するため、平成15年度より実施しているものである。

今回の評価は、この「次世代航空機用構造部材創製・加工技術開発」の中間評価であり、評価に際しては、省外の有識者からなる「次世代航空機用構造部材創製・加工技術開発」中間評価検討会（座長：上田 哲彦 名古屋大学大学院工学研究科教授）が開催された。

今般、その検討結果が今回の評価報告書の原案として当小委員会に付議され、内容を審議し、了承された。

平成18年5月

産業構造審議会産業技術分科会技術評価小委員会

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会委員名簿

(平成18年5月22日現在)

小委員長	平澤 洽	東京大学名誉教授
	池村 淑道	長浜バイオ大学バイオサイエンス学部教授
	伊澤 達夫	NTTエレクトロニクス株式会社取締役相談役
	菊池 純一	青山学院大学法学部・大学院法学研究科ビジネス法務 専攻教授
	鈴木 潤	芝浦工業大学大学院工学マネジメント研究科教授
	富田 房男	放送大学北海道学習センター所長
	永田 潤子	大阪市立大学大学院創造都市研究科助教授
	畑村 洋太郎	工学院大学国際基礎工学科教授
	山地 憲治	東京大学大学院工学系研究科教授
	吉本 陽子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部経済・産業調査グループ主任研究員

(敬称略：五十音順)

事務局 経済産業省 産業技術環境局 技術評価調査課

次世代航空機用構造部材創製・加工技術開発中間評価検討会
委員名簿

(平成18年3月現在)

上田 哲彦 名古屋大学大学院 工学研究科 航空宇宙工学専攻 教授

影山 和郎 東京大学大学院 工学系研究科 環境海洋工学専攻 教授

熊井 真次 東京工業大学大学院 総合理工学研究科 材料物理学専攻 教授

福田 久 日本航空インターナショナル 技術部機体技術グループ長

(五十音順、敬称略)

事務局：経済産業省 製造産業局 航空機武器宇宙産業課

「次世代航空機用構造部材創製・加工技術開発」プロジェクト
の評価に係る省内関係者

【中間評価】（今回）

製造産業局 航空機武器宇宙産業課長 川上 景一
産業技術環境局 技術評価調査課長 柴尾 浩朗

【事前評価】（平成15年度予算要求時）

製造産業局 航空機武器宇宙産業課長 豊永 厚志

次世代航空機用構造部材創製・加工技術開発 評価（中間）

審 議 経 過

第1回評価検討会（平成18年2月27日）

- ・評価制度、評価のあり方、評価項目、評価の手順等について
- ・評価の分担、評価コメント、評点法等について
- ・プロジェクトの概要説明について
- ・質疑応答、意見交換等

メールレビュー（平成18年3月20日から3月31日）

- ・報告書（案）について

第17回産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成18年5月22日）

- ・報告書（案）について
- ・質疑応答

目 次

はじめに

産構審評価小委員会名簿

評価委員会名簿

本プロジェクト評価に係る省内関係者

本プロジェクト評価の審議経過

評価報告書概要

第1章 評価の実施方法

1. 評価目的
2. 評価者
3. 評価対象
4. 評価方法
5. 評価項目、評価基準

第2章 プロジェクトの概要

1. 基本計画
2. 関連資料

第3章 評 価

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性
2. 研究開発等の目標の妥当性
3. 成果、目標の妥当性
4. 波及効果、事業化についての妥当性
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
6. 総合評価
7. 今後の研究開発の方向等に対する提言
8. 産構審評価小委員会の意見・提言（産構審評価小委員会終了後に記載）

第4章 評点法による評点結果

評 価 報 告 書 概 要

評価報告書概要

プロジェクト名	次世代航空機用構造部材創製・加工技術開発
上位施策名	航空機産業施策（民間航空機基盤技術プログラム）
推進課	製造産業局航空機武器宇宙産業課

プロジェクトの概要：

複合材料及び金属材料についての革新的な部材創製技術を確立することで、航空機、高速車両等の輸送機器等への先進材料の本格導入を加速させ、更なる運輸部門の飛躍的なエネルギー使用の合理化を実現する。

15年度予算額：730,297,050（円）

15年度決算額：726,894,959（円）

予算額等

開始年度 平成15年度	終了年度 平成19年度	中間評価時期 平成17年度	事後評価時期 平成20年度	事業実施主体 (財)次世代金属・複合材 料研究開発協会
平成15年度 予算額（執行額） 730,297 (726,895)	平成16年度 予算額（執行額） 700,000 (660,899)	平成17年度 予算額（執行額） 850,000 (未確定)	総予算額（執行額） 2,280,297 (未確定)	

千

円

※平成15年度上期は国からNEDOへの補助金、下期は国からNEDOへの運営費交付金を財源として事業を実施。実態を表すため、ここでいう予算額とはNEDOと事業者間の当初契約金額、執行額とはNEDOから事業者に対して支払われた額を示している。

目標・指標

<目標>

複合材料及び金属材料についての革新的な部材創製技術を確立することで、航空機、高速車両等の輸送機器等への先進材料の本格導入を加速させ、更なる運輸部門の飛躍的なエネルギー使用の合理化を実現する。

<指標>

- ・複合材料部材の成形コスト（従来法に比べ40%減）
- ・マグネシウム合金の比強度、コスト（比強度1.3倍、コスト同程度）
- ・論文数、論文被引用度数、特許等件数、特許権実施件数等

成果

- ・低コストな複合材料の成形技術である非加熱成形技術を用い、アルミ合金と同程度の比強度を達成する等、試験用の基本材料レベル（樹脂・プリプレグ）の開発により、次段階の航空機構造部材開発の見通しを獲得。
- ・複合部材健全性診断を可能とする高速かつ構成歪み計測、欠陥検知技術の開発目標を達成し、基本技術を確立。
- ・マグネシウム合金については、既存アルミ合金の1.3倍の比強度・同等の耐食性を試験片レベルで達成し、次段階の航空機構造部材開発の見通しを獲得。
- ・論文18件、学会等口頭発表212件、特許30件、新聞・TV11件

評価概要

1. 事業の目的・政策的位置付け

本プロジェクトで実施した航空機用部材の創製・加工技術に関する技術は、運輸部門のエネルギー使用合理化に資するのみならず、航空機構造にかかわる基盤的技術であり、また、他産業への技術波及効果も高い。加えて、その目標も他国の技術水準を上回る先進性と革新性を有しており、我が国の継続的な国際競争力の確保の観点から、政策的意義は高い。

一方で、これらの技術の実用化に向けては、飛行試験や実構造供試体を使用しての評価などを実施することも必要であり、民間のみで対応するには極めてリスクが大きい。従って、国の関与が不可欠である。

なお、今後、当該分野における競争力を維持していくためには、システム化技術、改良技術が重要な役割を果たす。また、ノウハウを含む知的財産の管理が重要である。

2. 研究開発目標の妥当性・達成度

個別の開発目標は数値化されており、その目標値も実用化に向けて現実的かつ適切と認められる。航空機にとっては、わずか数キログラムの軽量化でも重要な課題であり、今回、材料レベルでの軽量化は、設計レベルでの信頼性と自由度を確保する上でも意義が高く、掲げた目標の達成により、十分な省エネルギー効果が期待される。最終評価の段階では、開発された技術によって、航空機のライフサイクルでの省エネルギー効果の予測値を提示すると、事業目的との適合性・達成度がより明示できると考えられる。

複合材料分野については、我が国が強みを有している非加熱成形技術分野における国際競争力を確保するうえで適切な目標が設定されていることに加え、健全性診断技術を同時に開発することは、実用化に必要な信頼性の確保に向けて、相乗効果の観点から非常に有益なテーマ選定と言える。今後、健全性診断技術の実用化見通しをより明確化することが望まれる。

マグネシウム合金分野については、航空機材料が多様化する中において、依然として多用されているアルミニウム合金の置換材料として有望な研究テーマである。今後、要求される強度、耐食性と、想定される適用部位との対応を明確化することが望まれる。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

各テーマとも、中間評価時点における目標達成度は妥当と判断される。特に、非加熱成形技術については、実際にものづくりが行われている点は評価できる。また、健全性診断技術については、システム化技術について優れている。

今後、新しい製法と従来法との比較が明瞭に分かるようにしていくことが必要。また、これまでに明らかになってきた課題について、プロジェクトへ与える影響度、難易度等について評価し、残りの2年間で課題克服プロセスを確立することが必要である。

4. 波及効果、事業化についての妥当性

当該分野の技術の実用化に向けては、高信頼性と低価格を同時に成立することが不可欠である。本技術開発によって、これを実現した場合、他産業への波及効果には高い期待が持てる。今後、大型化や低コスト化、あるいは適用部材、適用範囲がより明確となることで、事業化、波及効果についての見通しが具体化するものと考えられる。

また、今後の実用化を図る上で、取り巻く環境や動向を的確に把握し、開発の方向性について柔軟に対応することで、陳腐化を防ぐことが重要である。

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

プロジェクトリーダーがリーダーシップを発揮していることに加え、定期的開催される技術委員会によって、活発な情報交換、課題認識、方向付け等が行われており、先端的な成果が得られつつあることから、マネジメント・事業体制については適切であると考えられる。また、外部環境の動向・市場ニーズ等の把握についても、国際学会への参加、海外メーカーへの訪問等の結果が、技術委員会に報告され、客観的評価をうけながら共有されている点も評価できる。

一方で、マグネシウム合金については、今後更なる産学官の効率的な連携を進めるべきである。研究開発資金についてはバランスの取れた配分が行われており、設備投資の配分割合も妥当である。

委員会に報告され、客観的評価をうけながら共有されている点も評価できる。

一方で、マグネシウム合金については、今後更なる産学官の効率的な連携を進めるべきである。研究開発資金についてはバランスの取れた配分が行われており、設備投資の配分割合も妥当である。

6. 総合評価

航空機構造の革新が進む中、我が国が現在の技術的優位を継続的に維持するため、当該分野の研究が進むことは極めて好ましい。特に健全性診断技術については、他産業への波及効果も大きく、本プロジェクトが先導的役割を果たすことが期待される。

これまで、マネジメントを含めて、技術開発は順調に進捗しており、中間目標についても達成したと言える。最終目標に向かって進捗しており、今後とも継続して、官民一体となった効率的な事業実施を期待する。

また、複合材料と金属材料の相互の役割を明確化するため、金属材料についても、最終評価までに、材料開発・素形材開発のレベルに留まらず、部材・部品レベルまで開発を進めることが望ましい。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

<全体について>

○開発過程での研究発表も活発に行なわれていると評価されるが、開発ものは基本的な特許をしっかりと押さえて先に進むことが望まれる。

○材料技術の中でも、特にどの分野において競争力を高め、他国に対し優位に立とうとしているのかターゲットを絞り込むことが必要。

○大型化され、実用的な部材形状に加工されたとき、また他の材料と複合使用されたとき得られた材料特性が本当に発揮されるのか、構造設計を含めた十分な検討が必要である。

○残りの2年間は部材製造技術開発期間であり、課題が明確になってきている中で時間的に余裕はそれほどない。従って現時点で判明している課題をリストなどに明示し、実行可能な解決プロセスや代替案を早期に策定し、効率的に実用化レベルへ近づけることが有用。

○テーマ毎に計測した生成部材の機械的諸特性(数値)が異なっているために、テーマを横断しての優位性、課題が不透明となってしまう。実用化の目安には、共通したデータベースの構築が不可欠であり、総合研究調査で計画されている材料評価とデータベースの構築が大変重要。

○開発目標において、“見通しの獲得”とあるが、実用化に向けては多角的な評価が必要となるため、更に具体的な数値目標、比較対照、レベルをその下に設定することで最終評価が適切に実施できる。

<個別要素技術について>

○これまでの開発過程において、新たに生じた衝撃損傷モニタリングの課題は、残りの期間が少ないことはあるが現状でポテンシャルがあり、十分成果を出せると考えられるのでプロジェクトに取込むのが好ましい。

○健全性評価診断技術においては、衝撃荷重の検知と衝撃損傷の検出をリアルタイムで行う方法の開発が重要であり、今後の研究開発課題である。この技術はセンサとしての性能だけでなく高度の信頼性も要求されるので、今後の実用化に向けた試金石となるであろう。

非加熱成形技術については、特に補修技術との関連で研究の高度化をすすめると良い。

評点結果（3点満点）

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.75	0.50
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.25	0.50

3. 成果・目標の達成度の妥当性	2.25	0.50
4. 波及効果・事業化についての妥当性	2.00	1.00
5. 研究開発マネジメント体制・資金・費用対効果の妥当性	2.25	0.96
6. 総合評価	2.50	0.58

第 1 章 評価の実施方法

第1章 評価の実施方法

プロジェクト評価は、「経済産業省技術評価指針」(平成17年4月1日以下「評価指針」という。)に基づいて、以下のとおり行われた。

1. 評価の目的

評価指針において、評価の基本的考え方として、評価を実施する目的として、

- (1) 研究開発に対する経済的・社会的ニーズの反映
- (2) より効率的・効果的な研究開発の実施
- (3) 国民への施策・事業等の開示
- (4) 資源の重点的・効率的配分への反映
- (5) 研究開発機関の自己改革の促進

を定めるとともに、評価の実施に当たっては、

- (1) 透明性の確保
- (2) 中立性の確保
- (3) 継続性の確保
- (4) 実効性の確保

を基本理念としている。

プロジェクトに関する評価とは、評価指針における評価類型の一つとして位置づけられ、プロジェクトそのものについて、同評価指針に基づき、事業の目的・政策的位置付けの妥当性、研究開発等の目標の妥当性、成果、目標の達成度の妥当性、波及効果、事業化についての妥当性、研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性の評価項目について、評価を実施するものである。その評価結果は、本プロジェクトの実施、運営等の改善や技術開発の効果、効率性の改善、さらには予算等の資源配分に反映させることになるものである。

2. 評価者

評価を実施するにあたり、評価指針に定められた「評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者である外部評価の導入等により、中立性の確保に努めること」との規定に基づき、外部評価者・専門家で構成する委員会を設置し、評価を行うこととした。

これに基づき、評価検討会を設置し、プロジェクトの目的や研究内容に即した専門家や、経済・社会ニーズについて指摘できる有識者等から評価検討委員会名簿にある4名が選任された。

なお、本評価検討会の事務局については、指針に基づき経済産業省航空機武器宇宙産業課が担当した。

3. 評価対象

<対象プロジェクト>

次世代航空機用構造部材創製・加工技術開発(実施期間:平成15年度から平成20年度)を評価対象として、研究開発実施者((財)次世代金属・複合材料研究開発協会等)から提出されたプロジェクトの内容、成果等に関する資料、説明に基づき評価した。

4．評価方法

評価検討会においては、実施者からの本プロジェクト実施に関する資料提供、説明及び質疑応答、並びに委員による意見交換が行われた。それらを踏まえて、本プロジェクトに則した評価項目・評価基準のもとで評価を実施し、評価報告書（案）を審議、確定した。

また、評価の透明性の確保の観点から、知的財産保護、個人情報で支障が生じると認められる場合等を除き、評価検討会を公開として実施した。

5．評価項目・評価基準

評価検討会においては、経済産業省産業技術環境局技術評価調査課において平成17年8月1日に策定した「経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準について」の「プロジェクトに関する評価」の「中間・事後評価」に沿った評価項目・評価基準とした。

1．事業の目的・政策的位置付けの妥当性

(1) 国の事業として妥当であるか、国の関与が必要とされる事業か。

- ・ 国民や社会のニーズに合っているか。
- ・ 官民の役割分担は適切か。

(2) 事業目的は妥当で、政策的位置付けは明確か。

- ・ 事業の科学的・技術的意義（新規性・先進性・独創性・革新性・先導性等）
- ・ 社会的・経済的意義（実用性等）
- ・ プログラム化されたプロジェクトは当該プログラムに適合しているか、プログラム化されていないプロジェクトは上位の施策等に照らして位置付けが明確か。

2．研究開発等の目標の妥当性

(1) 研究開発等の目標は適切かつ妥当か。

- ・ 目的達成のために具体的かつ明確な研究開発等の目標及び目標水準を設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

3．成果、目標の達成度の妥当性

(1) 成果は妥当か。

- ・ これまで得られた成果（論文の発表、特許の出願、プロトタイプの作製等）は何か。
- ・ 目標に照らして妥当な成果が得られたか。
- ・ 目標に照らして妥当な成果が得られるか。

(2) 目標の達成度は妥当か。

- ・ 設定された目標（設定された指標を含む）の達成度はどうか。
- ・ 目標以外で得られた成果を含めた場合の達成度はどうか。

4 . 波及効果、事業化についての妥当性

(1) 波及効果は妥当か。

- ・ 事業目的に適合した波及効果を生じたか、期待できるか。
- ・ 当初想定していなかった波及効果を生じたか、期待できるか。

(2) 事業化については妥当か。

- ・ 事業化はどのようになっているか。
- ・ 事業化の見通し（事業化の体制、導入普及、コストパフォーマンスの向上、標準化等の進捗状況、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等）は立っているか。

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

(1) 研究開発計画は適切かつ妥当か。

- ・ 事業の目的を達成するために本計画は適切であったか（想定された課題への対応の妥当性）。
- ・ 採択スケジュール等は妥当であったか。
- ・ 選別過程は適切であったか。
- ・ 採択された実施者は妥当であったか。

(2) 研究開発実施者の事業体制・運営は適切かつ妥当か。

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか、いたか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか、いたか。
- ・ 目的達成及び効率的実施のために必要な、実施者間の連携 / 競争が十分に行われる体制となっているか、いたか。
- ・ 成果の受け取り手（活用・実用化の想定者）に対して、成果を普及し関与を求める体制を整えているか、いたか。

(3) 資金配分は妥当か。

- ・ 資金の過不足はなかったか。
- ・ 資金の内部配分は妥当か。

(4) 費用対効果等は妥当か。

- ・ 投入された資源量に見合った効果が生じたか、期待できるか。
- ・ 必要な効果がより少ない資源量で得られるものが他にないか。

(5) 変化への対応は妥当か。

- ・ 社会経済情勢等周辺の状態変化に柔軟に対応しているか（新たな課題への対応の妥当性）。
- ・ 代替手段との比較を適切に行ったか。

6 . 総合評価

第 2 章 プロジェクトの概要

第2章 プロジェクトの概要

1. 基本計画

本プロジェクトについては、以下の基本計画に基づいて実施されている。

1-1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

欧米等先行諸国の他、アジア諸国も含めた競争激化が進む中、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、平成21年度（2009年度）までに、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開発能力を獲得すること、また、こうした基盤技術力の維持・向上、これらを用いた航空機・エンジン等の国際共同開発への参画、並びに環境適合等の要請に対応した民間航空機及びエンジン開発への取組を通じて我が国航空機関連産業の国際競争力の強化を目指すことを目標とする、民間航空機基盤技術プログラムの一環として本プロジェクトを実施する。

航空機、高速車両等の輸送機器の構造部分に高強度な先進材料を早期に大幅導入することによって軽量化を実現し、需要増加の激しい運輸部門のエネルギー使用合理化を図るために必要な技術の確立が期待されている。

航空機用材料のうち、複合材料については、現在の成形方法の主流であるオートクレーブ成形をはじめとしてその成形過程には加熱工程が存在するが、これが成形設備の大型化、設備による成形物サイズの制限、複雑形状成形の難しさ、成形物中の残留熱応力の滞留による疲労の進展などを招いている。したがって、運輸部門への複合材料の導入を加速させるためには、加熱工程を経ない革新的な成形方法の確立が有効である。また、複合材料は詳細な破壊過程、耐久性等が明確に解明されていないため、構造部材として採用した場合に構造設計上の信頼性を十分に得られない等の事情が、適用範囲拡大の阻害要因の一つになっている。したがって、複合材部材の欠陥検知・寿命予測等の技術が確立されれば複合材料の適用拡大に寄与し得る。

一方、金属材料については、軽量構造材として現在アルミニウム合金の適用が主流となっており、チタン合金やマグネシウム合金の採用は一部に留まっている。特にマグネシウム合金は、アルミニウム合金に比べ比重が小さいため軽量構造材として非常に有望であるものの、耐食性、強度及び加工性に課題があり、構造材として採用するためには、これらの課題を改善する創製・加工技術の確立が必要となる。

次世代航空機用構造部材創製・加工技術開発は、民間航空機基盤技術プログラムの一環として、複合材料の非加熱成形技術、マグネシウム合金の耐食成形技術など、先進複合材料及び先進金属材料を用いた革新的な構造部材の創製・加工技術の開発を目的とする。

これにより、航空機、高速車両等の輸送機器への先進材料の本格導入を加速させ、軽量化によるエネルギー使用効率の大幅な向上を実現する。

(2) 研究開発の目標

平成19年度末までに、以下の技術開発を実施し、各部材の製品化の見通しを得る。

複合材料構造部材

非加熱成形用の素材(樹脂・プリプレグ)及び成形プロセスを開発し、非加熱成形による航空機構造模擬部材の試作、試験、評価を通して、複合材料非加熱成形プロセスを確立するとともにコスト低減効果を確認する。また、航空機複合材構造の信頼性向上のため健全性診断技術の実用化を図るための開発を行う。

マグネシウム合金構造部材

航空機構造部材としての耐食性・強度を満足する合金組成を開発するとともに、特性を満足した安全な製造プロセスを開発し、マグネシウム合金からなる機体模擬部材の試作、試験、評価を通して、次世代マグネシウム合金の成形プロセスを確立するとともに軽量化効果・コストについて確認する。

研究開発の分野別目標は以下のとおりとする(詳細は「1-7」参照)。

次世代複合材料構造部材創製・加工技術開発

[非加熱成形]

- ・ 非加熱成形プロセスに適した樹脂、プリプレグの開発
- ・ 航空機構造を想定した形状部材に対応する非加熱成形・加工プロセスの開発
- ・ 航空機模擬部材の非加熱成形試作に基づいた部材としての特性、生産プロセスとしてのコスト等の評価を通じた製品化見通しの獲得
(製造コスト目標は従来法による加熱成形(オートクレーブ)の40%減とする)

中間目標は下記のとおり

- ・ 非加熱成形プロセスに適した樹脂、プリプレグの開発
- ・ 航空機構造部材に必要な強度等特性を有する非加熱成形複合材料の製作

[健全性診断]

- ・ 非加熱成形/加熱成形を利用した航空機構造模擬部材の試作及び健全性特性値計測・検知の精度、応答性、分解能等の評価を通じた構造部材健全性診断技術の確立、製品化見通しの獲得

中間目標は下記のとおり

- ・ 構造部材健全性診断機能を可能とする高速かつ高精度の歪み計測、欠陥検知及び余寿命予測技術など基本技術の確立

次世代マグネシウム合金構造部材創製・加工技術開発

[鑄造合金部材]

- ・ 強度特性：既存鑄造用アルミニウム合金の1.3倍の比強度(375MPa)の確保
- ・ 耐食性：既存アルミニウム合金と同等の耐食性の確保
- ・ 素材サイズ200×200×5mm程度の航空機部材(非常出口扉模擬部材等)の試作、特性を発現するプロセスの確立、軽量化効果・コスト評価を通じた製品化見通しの獲得
- ・ コスト：既存アルミニウム合金と同程度を確保

中間目標は下記のとおりとする。

- ・ 強度特性、耐食性において上記最終目標を達成すること

[粉末合金部材]

- ・ 強度特性：既存の高力アルミニウム合金の1.3倍の比強度(430MPa)の確保
- ・ 耐食性：既存アルミニウム合金と同等の耐食性の確保

- ・ 素材サイズ 100×100×50mm 程度の航空機金具部材（ヒンジ金具等）の試作、特性を発現するプロセスの確立、軽量化効果・コスト評価を通じた製品化見通しの獲得。

（ 鋳造合金と比べてより高強度が要求される部材を対象とする。 ）

- ・ コスト：既存の高力アルミニウム合金と同程度を確保
中間目標は下記のとおりとする。
- ・ 強度特性、耐食性において上記最終目標を達成すること

（ 3 ） 研究開発の内容（ 詳細は「 1 - 7 . 」参照 . ）

次世代複合材料構造部材創製・加工技術の開発

[非加熱成形]

次の 2 つの技術について適性素材、成形プロセス開発及び当該技術による部材の試作・評価を行い、製品化の見通しを得る。

- a) 電子線硬化プロセスによる航空機部材製造技術
- b) 光（紫外線等）硬化プロセスによる航空機部材製造技術

[健全性診断]

健全性診断を可能とする構造欠陥、歪み測技術、並びに構造部材化技術等を開発し、当該機能を有する模擬部材の試作・評価を行い、製品化の見通しを得る。

次世代マグネシウム合金構造部材創製・加工技術の開発

次の 2 つの技術について適性素材、加工プロセス開発及び当該技術による部材の試作・評価を行い、製品化の見通しを得る。

- a) 次世代マグネシウム鋳造合金技術
- b) 次世代マグネシウム粉末合金技術

1 - 2 . 研究開発の実施方式

（ 1 ） 研究開発の実施体制

本研究開発は、平成 1 5 年度に新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「N E D O」という）が公募によって選定した企業 1 4 社、独立行政法人 2 機関、大学 8 機関、及び（財）次世代金属・複合材料研究開発協会（以下、「R I M C O F」という）が、N E D O の指名した研究開発責任者（プロジェクトリーダー）である独立行政法人宇宙航空研究開発機構の石川隆司センター長の下で、それぞれの研究テーマの達成目標を実現すべく研究開発を実施する方式で開始された。

平成 1 6 年度は上記体制を引き継ぎ、R I M C O F が、平成 1 5 年度に選定された企業 1 4 社独立行政法人 2 機関及び大学 8 機関の協力を得て、研究開発を実施する。

（ 2 ） 研究開発の運営管理

R I M C O F は、研究開発を実施するとともに、経済産業省及び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、R I M C O F に設置する総合技術委員会における外部有識者の意見を反映させる他、四半期に一回程度主として実施機関で構成される技術

委員会等を通じてプロジェクトの進捗把握と方向付け等を行う。なお、平成15年度に運営管理を行ったNEDOには、これらの委員会への出席等を通じて、本研究開発の運営管理に関する助言等を頂く。

1 - 3 . 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成15年度から平成19年度までの5年間とする。

1 - 4 . 評価に関する事項

RIMCOFは、経済産業省が、技術評価に係る指針及び技術評価実施要領に基づき技術的及び産業技術政策的観点から実施する、中間評価（平成17年度実施予定）及び事後評価（平成20年度実施予定）を積極的に協力・支援する。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等の適宜見直しがある予定である。

1 - 5 . その他重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

成果の普及

得られた研究開発の成果のうち、下記共通基盤技術に係る成果について、経済産業省の指導のもと、研究開発実施者であるRIMCOFは、普及に努めるものとする。

a) 実現手法の確立、体系的整理

複合材料の非加熱成形加工プロセス技術

複合材料の構造健全性診断技術

マグネシウム合金精密鋳造/粉末製造技術

マグネシウム合金固化成形技術

b) 新たな特性データの取得・整備

非加熱成形複合材に関するデータの取得

マグネシウム合金組成・特性データの取得

知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準情報制度への提案等を積極的に行う。

知的所有権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的所有権については、「産業活力再生特別措置法」第30条第1項の規程等に基づき、原則として、すべて実施者に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

RIMCOFは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、産業技術政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点

からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、経済産業省の指導のもと、達成目標、実施期間、研究開発体制等基本計画の見直しを行うものとする。

とくに、平成18年度以降については、平成17年度の間評価結果を反映し、本研究開発終了時における実用化に向けた可能性、費用対効果の観点での研究開発項目・目標の見直しを行う。

1 - 6 . 基本計画の改訂履歴

(1) 平成15年3月、制定。

(2) 平成15年8月 採択後提出された詳細実施計画内容に基づき、一部の技術課題の記述を削除。

(3) 平成16年3月、経済産業省からR I M C O F への直轄事業化に伴う改定。

1 - 7 . 研究開発計画

< 研究開発項目 次世代複合材料構造部材創製・加工技術の開発 >

1 . 研究開発の必要性

航空機構造用材料は軽くて強いということが必須条件であることから、アルミニウム合金が使用されており、更なる軽量化のため、複合材料に徐々に置き換えられて来ている。近年の航空機の大型化、高速化、更に国際的な燃費競争、省エネによる環境問題対応という見地から、複合材料の拡大適用による更なる軽量化が求められているが、コスト、信頼性の問題で頭打ちとなっており、最新の開発機種でも全構造の20%レベルの適用に留まっている。

コスト面については、航空機構造用複合材料部材の製造には、性能・信頼性が優先されることから、オートクレーブという加熱・加圧装置にて成形しているが、窒素ガス雰囲気中で圧力1MPa、温度200程度で数時間保持する必要がある、複合材料部材のコストアップの要因になっている。

オートクレーブを使用しない革新的プロセスとして電子線・紫外線等の照射による非加熱成形プロセスが有望視されているが、本プロセスは、加熱・加圧を伴わないことから樹脂の流動性が少なく、成形中に残留ボイド等の欠陥が残る可能性が高く、これを解決することが成形品の品質・特性を上げるための課題となっている。複合材料の低コスト化のためには、プロセス開発とともに複合材料の非加熱成形に最適な樹脂の開発が必須となっている。

信頼性の面については、複合材料は、金属材料と異なり、亀裂、層間剥離等の損傷が発生した場合も外部からの検知や亀裂進展の予測、更には寿命予測が困難であるという信頼性の問題があり、複合材料の適用範囲拡大の阻害要因となっている。

複合材構造部材の信頼性付与のためには、運用中の部材内部の荷重、応力/歪み、亀裂等の検知が必要であるが、現状では実用水準の技術が確立されていないため、健全性診断ができなかった。ここで、構造健全性診断を可能とする技術が確立され構造部材に適用されるとエアラインにおけるメンテナンスコストの削減のみならず、現状では診断不可能なため複合材が適用できなかった部分も含めて広範囲に複合材化が図れるなど、軽量化のメリットが拡大できる

ことになる。

2. 研究開発の具体的内容および達成目標

前述の必要性に基づき、複合材料の低コスト化と信頼性向上のために以下の開発を行う。

(1) 電子線硬化プロセスによる航空機構造部材の開発

電子線硬化プロセスにより、複合材料構造部材としての長尺部材を、高速かつ連続に製造する技術を開発する。具体的には電子線硬化に適した樹脂およびプリプレグの開発、高速かつ連続の硬化プロセス技術の開発を実施するとともに、開発した樹脂およびプロセス技術によって長尺部材を試作して、部材としての特性および生産プロセスとしてのコスト等を評価する。

[中間目標]

- ・ 電子線硬化樹脂およびプリプレグの開発
- ・ 航空機構造部材に必要な強度等特性を有する複合材料を製作することで電子線硬化プロセスによる航空機構造部材製造技術の基本技術を確立する

[最終目標]

- ・ ストリンガー等の長尺部材試作において 10m/h の高速かつ連続電子線硬化するプロセスを確立する
- ・ 電子線硬化プロセスによって試作した部材が一次構造部材としての強度等特性を有すること
- ・ 製造コスト目標は、従来法による加熱成形(オートクレーブ)の 40% 減とする

(2) 光(紫外線等)硬化プロセスによる航空機構造部材の開発

光(紫外線等)硬化プロセスにより複合構造部材としての胴体部材等を高速に製造する技術を開発する。具体的には光(紫外線等)硬化プロセスに適した樹脂およびプリプレグの開発、高速の硬化プロセス技術の開発を実施するとともに、開発した樹脂およびプロセス技術によって胴体部材等を試作して、部材としての特性および生産プロセスとしてのコスト等を評価する。

[中間目標]

- ・ 光(紫外線等)硬化樹脂およびプリプレグの開発
- ・ 航空機構造部材に必要な強度等特性を有する複合材料を製作することで光(紫外線等)硬化プロセスによる航空機構造部材製造技術の基本技術を確立する

[最終目標]

- ・ 光(紫外線等)硬化プロセスによって試作した部材が一次構造部材としての強度等特性を有すること
- ・ 製造コスト目標は、従来法による加熱成形(オートクレーブ)の 40% 減とする

(3) 複合材料の構造健全性診断実用化技術の開発

非加熱成形/加熱成形複合材構造部材の構造健全性を高速かつ高精度で診断する技術を開発する。具体的には、複合材料の歪み・亀裂を高速かつ高精度で計測・検知し、余寿命予測等健全性を診断できる固有技術を確立のうえ、構造模擬部材を試作・評価して技術実証する。

[中間目標]

- ・ 構造健全性診断に必要なとなる複合材料構造部材の歪み、欠陥を高速かつ高精

- 度（実機適用可能な水準）で計測・検知する基本技術を確立する
- ・ 計測値、材料特性および構造設計の知見から構造部材の余寿命予測を行えるようにすることで構造健全性診断の基本技術を確立する

[最終目標]

- ・ 航空機模擬構造部材及び診断システムの試作・評価により、精度、応答性、分解能等の信頼性診断に関する技術実証を行う。

< 研究開発項目 次世代マグネシウム合金構造部材創製・加工技術の開発 >

1．研究開発の必要性と目的

航空機の軽量化を目的として各種の金属材料や複合材料の開発が行われており、複合材料が比強度上有利である事から、現在の航空機の主要材料であるアルミニウム合金に取って代わりつつある。しかしながらアルミニウム合金は製造コスト、補修性、リサイクル性に優れることから、特に同一形状多量部品や結合部の多い複雑形状部品など部材によっては総合的に判断すると依然として金属の方が有利であり、将来的にも航空機の材料であり続けると考えられるが、軽量化の為の現状のアルミニウム合金での特性改善は既に限界に達しており、第三の金属材料による性能向上の必要性が高まっている。

マグネシウム合金は密度がアルミニウム合金の 2 / 3 と小さく、軽量構造材料として大きな可能性を有しているが、アルミニウム合金に比べて強度特性、耐食性、塑性加工性に劣ることから、航空機構造材料としての使用は難しく、これまで制振機能を活かした特殊用途以外での使用実績はない。しかしながら、これまで課題であった耐食性や塑性加工性の改善が著しく、また我が国、大学等においてマグネシウム合金の強度特性を飛躍的に向上する可能性が見出されるに至り、高品質な航空機用マグネシウム合金の開発に向けたシーズ技術の環境が整ってきたと判断できる。

しかしながら、それらは実験室レベルで可能性が見出されたものであり、実用化にあたってはマグネシウム合金固有の問題として、部品サイズの規模で、安全に製造できる技術開発が必須となっている。

このことから本研究開発ではマグネシウム合金の強度特性、耐食性、塑性加工性をブレークスルーする個々の要素技術を統合適用することにより、実用的なプロセスを開発し、高品質な航空機用マグネシウム合金を世界に先駆けて開発することを目的とする。

2．研究開発の具体的内容

本研究では、強度、耐食性、加工性において従来のマグネシウム合金を凌駕するマグネシウム鑄造合金とマグネシウム粉末合金による鍛錬材の開発により、用途、目的の異なる航空機部材等へ適用を図る事を目的とする。

(1) 次世代マグネシウム鑄造合金部材の開発

Mg-Gd-Y 合金を基本組成とするマグネシウム鑄造合金について、複雑形状の鑄造部材において高い強度特性を発現するために、微細組織を制御できる熱処理技術及び精密鑄造プロセス技術を開発する。

また、航空機部品などを想定した模擬部品を試作し、強度・耐食性などの特性評価を実施する。

(2) 次世代マグネシウム粉末合金部材の開発

Mg-Y合金を基本組成とするマグネシウム合金について、均一液滴噴霧や急凝固技術などによる粉末製造技術により、特性と製造性のバランス上最適な特性を引き出す構造部材成形プロセス技術を開発する。

また、実機部品を製造する上で必要となる固化成形技術の最適化を実施のうえ、航空機部品などを想定した模擬部品を試作し、強度・耐食性などの特性評価を実施する。

3. 達成目標

(1) 次世代マグネシウム鋳造合金部材の開発

【中間目標】

航空機に適用可能な特性バランスを有する部材を作製する。

具体的な目標値は以下の通りとする。

- ・ 強度特性：375MPa（比強度で既存の高強度アルミニウム鋳造用合金である201-T7の1.3倍）
- ・ 耐食性：鋳造用合金である201-T7と同等の耐食性

【最終目標】

航空機に適用可能な特性バランスを有する部材を作製する。

具体的な目標値は以下の通りとする。

- ・ 強度特性：375MPa（比強度で既存の高強度アルミニウム鋳造用合金である201-T7の1.3倍：中間目標で達成）
- ・ 耐食性：鋳造用合金である201-T7と同等の耐食性：中間目標で達成
- ・ 部材サイズ：200mm×200mm×5mm(最小厚さ)程度の航空機部材（非常出口扉模擬部材等）を鋳造試作し、特性を発現するプロセスの実証を行うとともに、軽量化効果、コスト評価を行い製品化の見通しを得る。
- ・ コスト目標：上記従来アルミ鋳造合金と同程度とする。

(2) 次世代マグネシウム粉末合金部材の開発

【中間目標】

航空機に適用可能な特性バランスを有する素材を製造する。

具体的な目標値は以下の通りとする。

- ・ 強度特性：強度で430MPa（比強度で高力アルミ合金7075-T6材の1.3倍）
- ・ 耐食性：7075-T73材と比較し同等の耐食性：中間目標で達成

【最終目標】

航空機に適用可能な特性バランスを有する素材を製造する。

具体的な目標値は以下の通りとする。

- ・ 強度特性：強度で430MPa（比強度で7075-T6材の1.3倍：中間目標で達成）
- ・ 耐食性：7075-T73材と比較し同等の耐食性：中間目標で達成
- ・ 部材サイズ：ブロック材100×100×50mm以上の航空機金具部材（ヒンジ金具等）を試作し、特性を発現するプロセスの実証を行うとともに、軽量化効果、コスト評価を行い製品化の見通しを得る。
- ・ コスト目標：上記従来高力アルミ合金と同程度とする。

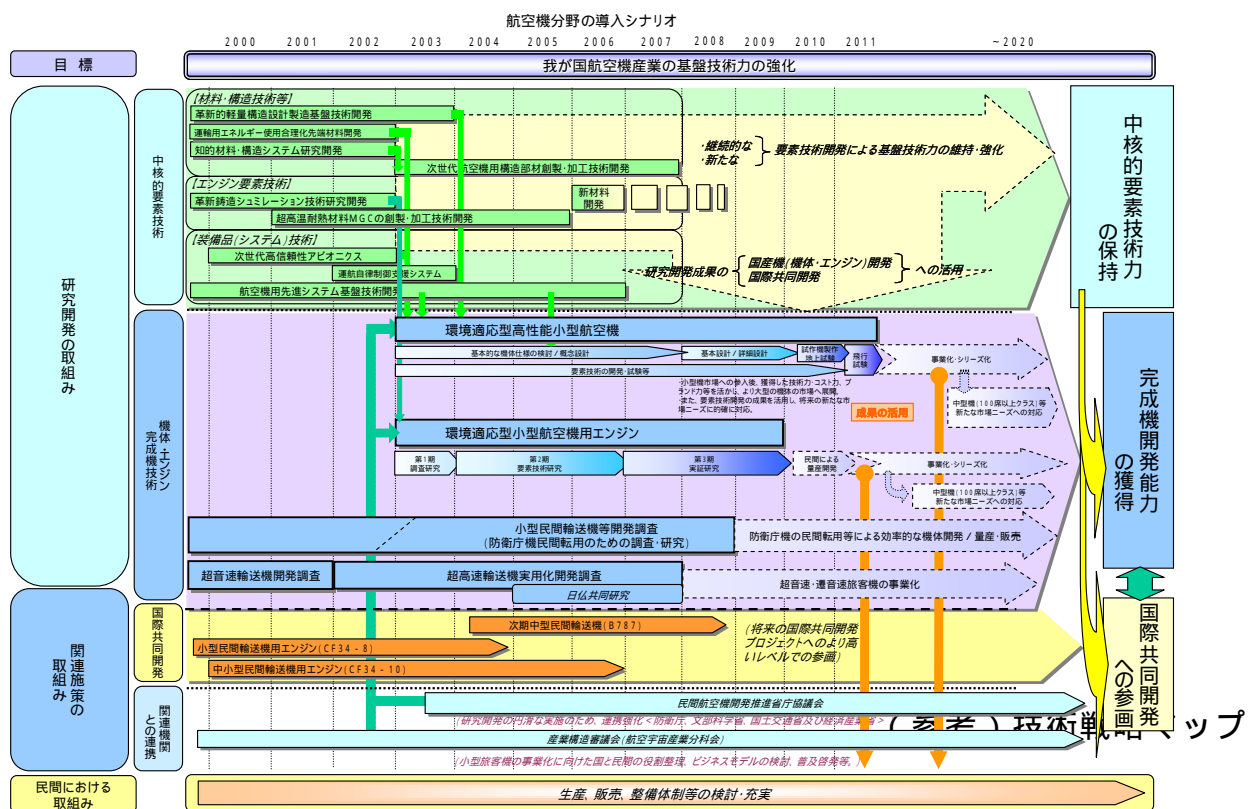
2. 関連資料

2-1. 政策的位置付けについて

経済産業省の航空機産業施策については、「民間航空機基盤技術プログラム」に基づき実施している。当該プログラムにおいては、欧米等先行諸国のほか、アジア諸国も含めた競争激化が進む中、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、戦略的に研究開発を行うことにより、我が国航空機産業の基盤技術力の維持・向上を図ることを目的としている。具体的には、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感性機開発能力を獲得し、こうした基盤技術力の維持・向上、これらを用いた航空機エンジン等の国際共同開発への参画、並びに環境適合等の要請に対応した民間航空機及びエンジン開発への取組を通じて、我が国航空機関連産業の発展を目指すこととしている。

上記のような目的を達成するため、個別の技術開発の進め方等について、経済産業省及び独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)において、技術戦略マップを策定し、施策に反映している(下図参照)。

本事業は、中核的要素技術である材料・構造技術等の向上を目指して実施されている。



2 - 2 . スケジュールと予算推移

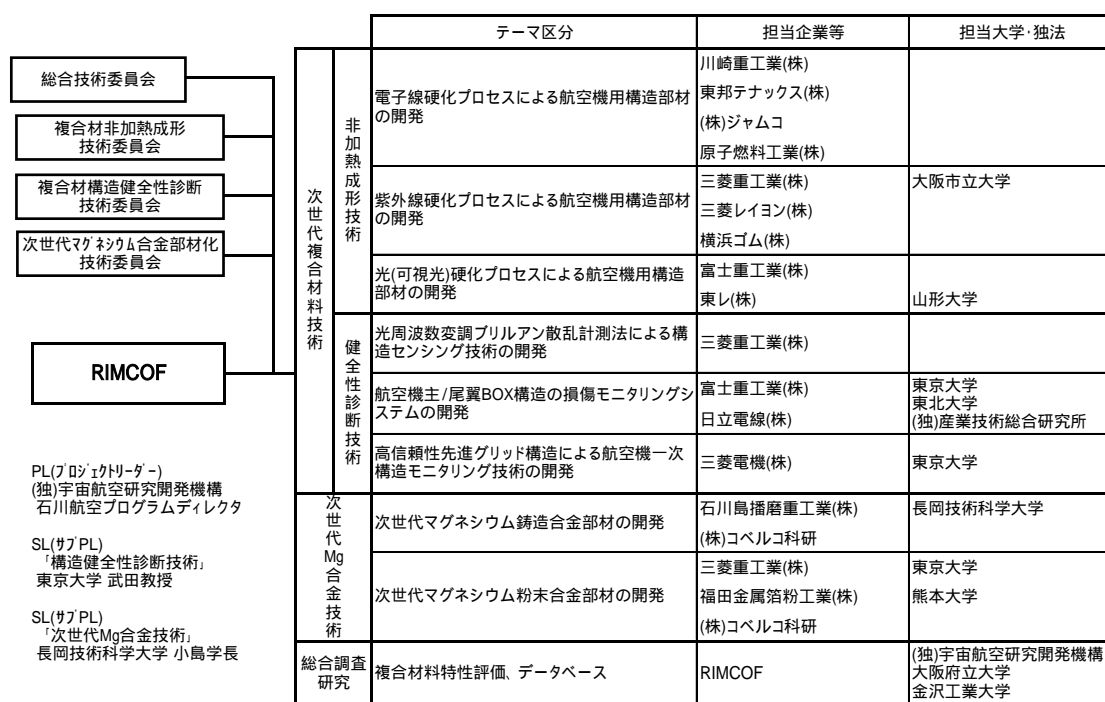
本事業は平成15年度から平成19年度までの5年間での実施を予定している。平成15年度から平成17年度（中間評価年度）までは、各個別の技術について基本技術の開発を行い、平成18年度から平成19年度までは、これらの技術を用いた部材・構造レベルの試作品を製作・評価する予定である。下図に、スケジュールと予算推移を示す。

	H15	H16	H17	H18	H19
マイルストーン	← 基本技術開発		中間評価	→ 部材製造技術開発	
1.次世代複合材料技術		素材開発			
複合材料非加熱成形技術		成形プロセス/システム開発			
		センサ高度化		部材試作・評価	
構造健全性診断技術		システム開発			
		合金開発		構造システム試作・評価	
2.次世代マグネシウム合金技術		加工プロセス開発			
				部材試作・評価	
3.総合調査研究		複合材料特性評価・データベース			
予算（百万円）	727	700	850	未定	未定

2 - 3 . 実施体制

本事業は、平成15年度にNEDOが公募によって選定した企業14社、独立行政法人2機関、大学8機関、及び(財)次世代金属・複合材料研究開発協会(RIMCOF)が、NEDOの指名した研究開発責任者(プロジェクトリーダー/PL)である独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)の石川隆司航空プログラムディレクタ(平成15年度当時は先進複合材評価技術開発センター長)の元で、それぞれの研究テーマの達成目標を実現すべく研究開発を実施する方式で開始された。

平成16年度、17年度は、経済産業省からの直接委託事業となったが、上記体制を引き継ぎ、RIMCOFが、前述の14社、2独法、8大学の協力を得て、研究開発を実施した。以下に中間評価時点での実施体制を示す。



第 3 章 評価

第3章 評価

1. 事業の目的・政策的位置付け

本プロジェクトで実施した航空機用部材の創製・加工技術に関する技術は、運輸部門のエネルギー使用合理化に資するのみならず、航空機構造にかかわる基盤的技術であり、また、他産業への技術波及効果も高い。加えて、その目標も他国の技術水準を上回る先進性と革新性を有しており、我が国の継続的な国際競争力の確保の観点から、政策的意義は高い。

一方で、これらの技術の実用化に向けては、飛行試験や実構造供試体を使用しているの評価などを実施することも必要であり、民間のみで対応するには極めてリスクが大きい。従って、国の関与が不可欠である。

なお、今後、当該分野における競争力を維持していくためには、システム化技術、改良技術が重要な役割を果たす。また、ノウハウを含む知的財産の管理が重要である。

【肯定的意見】

航空機用部材創製および加工技術の開発プロジェクトが目的とする革新技術は、リスクが高く技術を維持発展させるために重要であるにもかかわらず民間事業ベースでは実現困難なことから国の関与が必要

その成果の利用は航空機に限られるものではなく、わが国の先端技術として波及効果も大いに期待されるため、本事業目的および政策的位置付けは極めて妥当。

民間航空機機体構造製造に関わる基盤的材料技術である。継続的な国際競争力の確保のために我が国として重点的に行うべき研究開発である。実用性の高い研究である。

次世代航空機用構造部材創製・加工技術に関わる開発は、我が国にとって国際的な競争力を維持する上で重要であり、国が積極的に関与すべき。

本事業は運輸部門のエネルギー使用合理化促進の国策をうけて、複合材料および金属材料についての革新的な部材創製技術を確立することで、運輸部門の飛躍的なエネルギーの使用合理化を実現するものである。当事業で選定された技術開発は、いずれも航空機分野への展開により機体の軽量化へ結つくものであり、エネルギー削減効果が得られる。

各開発分野は、完成機開発能力に結つく重要な要素技術開発であり、目標値は他国の技術水準を上回る先進性と革新性を有していると判断できる。しかし一方で、実用化に対する開発リスクが依然高く、実用化立証には飛行試験や実際の構造体を使用している確認試験など各部門の協調が不可欠であることから、民間企業のみでの努力で先進性を維持しての実現が難しいと思われる。従って実用段階に近づくまでは国家事業としての位置付け、支援が必要。

実施体制においても、官民の責任分担と情報の共有、進捗管理が適切になされていると判断します。

【問題点・改善すべき点】

システム化技術、改良技術が重要な意味を持つ、その意味で新規性・独創性はそれほど高くない。今後技術競争力を維持していくためには、ノウハウを含む知的財産の管理が重要となろう。

2. 研究開発目標の妥当性・達成度

個別の開発目標は数値化されており、その目標値も実用化に向けて現実的かつ適切と認められる。航空機にとっては、わずか数キログラムの軽量化でも重要な課題であり、今回、材料レベルでの軽量化は、設計レベルでの信頼性と自由度を確保する上でも意義が高く、掲げた目標の達成により、十分な省エネルギー効果が期待される。最終評価の段階では、開発された技術によって、航空機のライフサイクルでの省エネルギー効果の予測値を提示すると、事業目的との適合性・達成度がより明示できると考えられる。

複合材料分野については、我が国が強みを有している非加熱成形技術分野における国際競争力を確保するうえで適切な目標が設定されていることに加え、健全性診断技術を同時に開発することは、実用化に必要な信頼性の確保に向けて、相乗効果の観点から非常に有益なテーマ選定と言える。今後、健全性診断技術の実用化見通しをより明確化することが望まれる。

マグネシウム合金分野については、航空機材料が多様化する中において、依然として多用されているアルミニウム合金の置換材料として有望な研究テーマである。今後、要求される強度、耐食性と、想定される適用部位との対応を明確化することが望まれる。

【肯定的意見】

できるだけ数値化された目標となっていると認められ、その目標値も適切。

現在樹脂系複合材料機体構造部材製造技術に関しては、我が国がトップレベルにあり、非加熱成形技術においてさらに国際競争力を確保するための目標設定となっている。

各プロジェクトの個別開発目標は現実的であり、実用化に向けての目標設定は比較的明確である。

航空機用部材は、実用化に際しては信頼性の確保が不可欠である。非加熱複合材成形技術に加えて、健全性診断技術と同時に開発することは、複合材の適用範囲を大幅に拡大する推進力となり、相乗効果の観点からも非常に有益なテーマ選定である。

近年の航空機では複合材を中心に様々な材料が採用されてきているが、形状や加工性、製造コスト、整備性からアルミニウム合金が依然多く使用されている。次世代マグネシウム合金技術の開発は、アルミニウム合金の置換材料として、軽量化に直結する有望な開発テーマと考える。

離陸重量が200トンを超える大型航空機においても、数キログラムの僅かな軽量化は重要な課題。軽量化の根幹である材料レベルでの軽量化は、設計において信頼性と自由度と与える意味でも意義がある。本事業での各々の技術は事業目的である航空機の軽量化に向けての適切な目標を設定しており、達成により大規模、小規模レベルでエネルギー削減効果が期待される。

【問題点・改善すべき点】

光ファイバセンサを用いた健全性評価技術については、実用化への見通しをもう少し明確にして欲しかった。

次世代マグネシウム合金の開発において、求めている高強度、耐食性と適用箇所（用途）との対応がはっきりしない点がある。

各技術、テーマ毎に、最終評価段階では、生産・運航・整備を含めたライフサイクルでの総エネルギー削減効果予測を提示できると、事業目的との符合性・達成度がより明示できると考えられる。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

各テーマとも、中間評価時点における目標達成度は妥当と判断される。特に、非加熱成形技術については、実際にもものづくりが行われている点は評価できる。また、健全性診断技術については、システム化技術について優れていると評価できる。

今後、新しい製法と従来法との比較が明瞭に分かるようにしていくことが必要。また、これまでに明らかになってきた課題について、プロジェクトへ与える影響度、難易度等について評価し、残りの2年間での課題克服プロセスを確立することが必要である。

【肯定的意見】

中間評価の時点での成果として、得られている成果は妥当と判断される。

非加熱成型技術については、ものを作るという意味において優れた成果が出ている。

健全性診断技術については、システム化技術において見るべきものがある。

各テーマとも多くの成果を上げている。目標の達成度としては妥当である。

各技術開発テーマとも設定した中間目標を達成していると判断できる。

【問題点・改善すべき点】

新しい成型法で製造した部材の性能と従来法の比較を明示的に示して欲しい。

各テーマで開発における課題が明確になってきています。現時点では課題克服のプロセスが明示されていないが、課題がプロジェクト全体へ与える影響度、難易度を評価し、残り2年で実行可能な具体的プロセス（マネジメント、目標値の設定）の確立が早期に必要である。

4 . 波及効果、事業化についての妥当性

当該分野の技術の実用化に向けては、高信頼性と低価格を同時に成立することが不可欠である。本技術開発によって、これを実現した場合、他産業への波及効果には高い期待が持てる。今後、大型化や低コスト化、あるいは適用部材、適用範囲がより明確となることで、事業化、波及効果についての見通しが具体化するものと考えられる。

また、今後の実用化を図る上で、取り巻く環境や動向を的確に把握し、開発の方向性について柔軟に対応することで、陳腐化を防ぐことが重要である。

【肯定的意見】

複合材料航空機部材の製造コスト削減については、事業目的に適合した波及効果が期待できる。

健全性診断技術については、コスト面での問題が残るものの、他産業での展開も期待できる。

航空機材料は、引き続き需要の高い伸びから、宇宙産業に求められる過酷な使用条件下での高い信頼性や、他の交通手段に求められる量産可能な高い生産性と、低価格が同時に要求される。従って、航空機で実用化される技術は他の産業への幅広い応用が比較的容易であり、資料に列記されているような波及効果が期待される。

事業化については各技術開発とも取り巻く環境や動向を、現在実施されている国際会議への参加や意見交換、機体メーカーとの協調を維持することによりの確に把握し、開発の方向性について柔軟に対応することで、先進性、革新性を維持し陳腐化を防ぐことが重要。

【問題点・改善すべき点】

当初の設定目標は達成されているものの、現状ではまだ試験的な段階であるものが多く、今後、大型化や低コスト化、あるいは適用部材、適用範囲がより明確にならなければ、波及効果や事業化について見通しはたたない。

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

プロジェクトリーダーがリーダーシップを発揮していることに加え、定期的開催される技術委員会によって、活発な情報交換、課題認識、方向付け等が行われており、先端的な成果が得られつつあることから、マネジメント・事業体制については適切であると考えられる。また、外部環境の動向・市場ニーズ等の把握についても、国際学会への参加、海外メーカへの訪問等の結果が、技術委員会に報告され、客観的評価を受けながら共有されている点も評価できる。

一方で、マグネシウム合金については、今後更なる産学官の効率的な連携を進めるべきである。

研究開発資金についてはバランスの取れた配分が行われており、設備投資の配分割合も妥当である。

【肯定的意見】

事業体制は適切であり先端的な成果が得られつつあり問題はない。

研究開発計画はおおむね適切で、事業体制・運営も適切かつ妥当に進められている。プロジェクトリーダーのリーダーシップが発揮されている。

各課題に対し適当な実施者が採択されている。

テーマ区分毎の、課題認識、進捗把握、方向付け等を討議する技術委員会が定期的（年4回）に行われ、十分な参加者のもと、活発な情報交換と課題認識、方向性の確認をおこなっており、良好な研究開発マネジメントがなされていると判断できる。

外部環境の動向・市場ニーズの把握についても、国際学会への参加、及び、エアバス等の航空機メーカへの訪問を通じた意見交換により、RIMCOF及び各メーカの研究員により技術委員会にて報告され、専門家の委員による客観的評価を実施されている。

費用対効果（費用対目標達成度）については、（十分な知見を有していないものの、）各テーマともバランスのとれた予算のもとに活動を行っており、設備投資額の配分割合も妥当である。

【問題点・改善すべき点】

次世代マグネシウム合金構造部材創製・加工技術開発については、産官学の効率よい連携をさらに進める努力が必要と思われる。

6．総合評価

航空機構造の革新が進む中、我が国が現在の技術的優位を継続的に維持するため、当該分野の研究が進むことは極めて好ましい。特に健全性診断技術については、他産業への波及効果も大きく、本プロジェクトが先導的役割を果たすことが期待される。

これまで、マネジメントを含めて、技術開発は順調に進捗しており、中間目標についても達成したと言える。最終目標に向かって進捗しており、今後とも継続して、官民一体となった効率的な事業実施を期待する。

また、複合材料と金属材料の相互の役割を明確化するため、金属材料についても、最終評価までに、材料開発・素形材開発のレベルに留まらず、部材・部品レベルまで開発を進めることが望ましい。

【肯定的意見】

これまでの開発過程において、総じて目標に近づいて進捗しており、大きな変更を必要とする点はみあたらない。

航空機構造の革新が進む中、我が国が現在の技術的優位性を継続的に維持するためにも、その根幹技術である材料開発・高度利用技術の研究が進むことは、極めて好ましい。特に将来技術としての光ファイバセンサによる構造健全性診断技術については、他の産業への波及効果も大きく、この研究開発プロジェクトが先導的役割を果たすことが強く望まれる。

国として取り組むにふさわしいプロジェクトであり、今後一層の展開を期待したい。

事業目的に合致した技術開発が順調に実践されており、中間目標をクリアした。

当事業はマネジメントを含めて順調に推移しており、現時点で大きな障害となるものはないと思われますので、最終目標に向けて官民一体となった効率的な事業が推進されることを期待する。

【問題点・改善すべき点】

複合材料と金属材料の相互の役割を明確化するため、金属材料についても、最終成果までに、材料開発・素形材開発のレベルに留まらず、部材・部品レベルまで開発を進めることが望ましい。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

<全体について>

開発過程での研究発表も活発に行なわれていると評価されるが、開発ものは基本的な特許をしっかりと押さえて先に進むことが望まれる。

材料技術の中でも、特にどの分野において競争力を高め、他国に対し優位に立とうとしているのかターゲットを絞り込むことが必要。

大型化され、実用的な部材形状に加工されたとき、また他の材料と複合使用されたとき得られた材料特性が本当に発揮されるのか、構造設計を含めた十分な検討が必要である。

残りの2年間は部材製造技術開発期間であり、課題が明確になってきている中で時間的に余裕はそれほどない。従って現時点で判明している課題をリストなどに明示し、実行可能な解決プロセスや代替案を早期に策定し、効率的に実用化レベルへ近づけることが有用。

テーマ毎に計測した生成部材の機械的諸特性(数値)が異なっているために、テーマを横断しての優位性、課題が不透明となってしまう。実用化の目安には、共通したデータベースの構築が不可避であり、総合研究調査で計画されている材料評価とデータベースの構築が大変重要。

開発目標において、“見通しの獲得”とあるが、実用化に向けては多角的な評価が必要となるため、更に具体的な数値目標、比較対照、レベルをその下に設定することで最終評価が適切に実施できる。

<個別要素技術について>

これまでの開発過程において、新たに生じた衝撃損傷モニタリングの課題は、残りの期間が少ないことはあるが現状でポテンシャルがあり、十分成果を出せると考えられるのでプロジェクトに取込むのが好ましい。

健全性評価診断技術においては、衝撃荷重の検知と衝撃損傷の検出をリアルタイムで行う方法の開発が重要であり、今後の研究開発課題である。この技術はセンサとしての性能だけでなく高度の信頼性も要求されるので、今後の実用化に向けた試金石となるであろう。

非加熱成形技術については、特に補修技術との関連で研究の高度化をすすめると良い。

8．個別要素技術について

(1) 次世代複合材料部材創製・加工技術の開発（非加熱成形技術の開発）

【成果に対する評価】

中間評価時点では、それぞれの項目において目標を達成しているといえる。また、それぞれの成形技術について最適化が図られ、技術課題も明確になりつつあることから、さらに研究開発によって、最終目標の達成が期待できる。樹脂の開発は地道ではあるが創造性が発揮される可能性があり、より良い性能および製造性を追及することが期待される。

今後の課題として、航空機部材としての強度性能について、何らかの目標設定が必要であると考えられる。

【実用化の見通しに関する評価】

全体として、現状のオートクレーブ成形に比べて40%のコスト削減が実用化されれば、素晴らしい成果である。特許も出願されており、十分に実用化の見通しがあると考えられる。

電子線硬化技術については、設備面では不利であるが、高い信頼性と生産量を可能にしており、フローア・ビームなどの部材製造分野での実用化が極めて近い。

紫外線硬化技術については、設備、簡易性で電子線、可視光の中間に位置し、簡易修理を可能とするなど、部材整備分野での実用化も、ユーザ側から期待される。

可視光硬化技術については、低波長エネルギーでの硬化技術として注目される一方で、完全硬化、内部品質向上に対する課題など多く残っており、早い段階での特性評価と利点(実用性)を把握することが望ましい。客室内の二次構造部材(ギャレー、ラバトリー、天井板の支持部材など)への展開が多いに期待されるのではないか。

(2) 次世代複合材料部材創製・加工技術の開発（健全性診断技術の開発）

【成果に対する評価】

中間評価時点では、それぞれの項目において目標を達成しているといえる。またテーマ毎の目的・役割分担が明確であり、多様なニーズに対応できる、歩調の揃った開発がなされている。当該技術については、特に光ファイバセンサの航空機構造への適用という視点において、世界に先駆けた研究成果が得られているといえる。

今後、必要損傷検出精度と要求されるセンサの精度・分解能等の計測性能との関係の明確化が必要であろう。得られたデータをどう健全性診断に活用するのか、航空機の運用マネジメントに関する考察も必要であろう。

高信頼性先進グリッド構造による航空機一次構造の開発においては、具体的に部位を絞った形にまとめるのが好ましいのではないか。

【実用化の見通しに関する評価】

複合材料については、詳細な破壊過程、耐久性等が明確に解明されていないこと

が、構造部材への展開の阻害要因の一つとなっている。構造健全性診断技術は、その弱点を補い、部材を必要最低限の設計マージンで製造可能とすることで、軽量化等を実現するものと期待される。

光調波変調ブリルアン散乱計測法による構造センシング技術については、実用を意識した実践的技術開発が進んでいると高く評価される。また、当該技術は複合材に限らず適用が可能のため、計器の開発により既存小型機への搭載が可能となる革新的な技術であり、実用化レベルに近い。

航空機主/尾翼 BOX 構造の損傷モニタリングシステムについては、局所の損傷に対して適用が想定され、想定 of Box 構造に限らずハードランディングやタービュランスの影響度合いを知る情報源として、エアラインにおける適切な整備への貢献が期待される。ただし、センサファイバーについては実用レベルに近いと思われるが、システムとしての実用までには多少の期間を要するものと考えられる。

高信頼性先進グリッド構造による航空機一次構造モニタリング技術については、フェアリングやパネルなどの二次構造部材への展開が極めて高く、大幅な軽量化が期待される。今後は耐久性の実現が重要なウェイトを占めるのではないかと。

今後は、実機を用いた試験など、実用化に向けてより現実的な使用状況での適用可能性についても検討して欲しい。また、複合材は構造、接着・製造過程、荷重条件等により、破断形態、破断部位、亀裂・剥離進展速度が大きく影響されるために、センサを有効に配置することが大変重要となるのである。従って、機体製造メーカーの協力、試験データなどの情報交換等を図ることで実用化が促進されると考えられる。

(3) 次世代マグネシウム合金構造部材創製・加工技術開発

【成果に対する評価】

中間評価時点では、それぞれの項目において目標を達成しているといえる。

今回の、設計ならびにプロセス開発に関しては、開発手法や用いられた技術は従来からあるオーソドックスなものが多く、それ自体に新規性はないが、得られた強度や耐食性に関する成果は優れたものと評価できる。今後はそれら特性の発現原理についてより深く探求し、さらなる材料特性の向上の指針となるものを見出して欲しい。また、新しい合金を開発することは試行錯誤や一見無駄の多い大変な作業であるにも関わらず、具体的な目標値を掲げ、それに到達する合金を見出したことも評価したい。

【実用化の見通しに関する評価】

既存の航空機では、材料レベルでの頻繁な軽量化は行なわれず、主に客室内の座席、ギャレー、ラバトリーなどの再開発において軽量化が図られている。今回の開発では、アルミニウム合金に対して比強度が大幅に増加しており、コンポーネントレベルで既存機への展開も充分可能性がある。コスト面の障害が解消されれば、十分実用化されるものと思われる。今後、信頼性、耐久性についてより一層検討すると良い。

一方、耐食性については、条件によってアルミニウム合金より劣る場合があり、形

状や表面処理により克服する手法も含めて、解決を図ることが重要。腐食の制御は航空機整備における最重要課題の一つであり、現在はその処理に依然多くの労力と費用を費やしている。特に部材同士の合わせ面に発生する腐食は初期の発見が難しく、発見された場合の処置に多大な工数と日数を要するため、耐食性の優れた材料がなによりも切望されている。従って腐食に対しては、運航で想定される環境・条件下でアルミニウム合金を上回る耐食性と、腐食処理作業での作業安全性も採用の前提となる点について留意が必要。

第 4 章 評点法による評点結果

第4章 評点法による評点結果

「次世代航空機用構造部材創製・加工技術開発」に係るプロジェクト評価の実施に併せて、下記に基づき、本評価検討会委員による「評点法による評価」を実施した。その結果は「3. 評点結果」のとおりである。

1. 趣旨

評点法については、「評価結果を出来る限り分かりやすく提示すること」「プロジェクト間の相対評価をある程度可能にすること」を目的として、平成12年度のプロジェクト評価から実施し、現在ではほとんどすべてのプロジェクト評価で行われている。

現在、評価結果を省内の政策形成のプロセスに活用していくことが強く求められており、評点法についても評価結果をよりの確に表示し、プロジェクト等間の相対比較を容易なものとするにより査定等の際に活用されるものとしていくことが必要とされた。

このため、評点法のあり方について、産業構造審議会評価小委員会の下の「基本問題に関するWG」で検討を行い、産業構造審議会第15回評価小委員会（平成17年7月25日）において結論を得たものである。

具体的には、プロジェクト評価（中間・事後）の評点方法は、以下のとおりとする。

評点の段階

現在、評点の段階については5段階（5, 4, 3, 2, 1）であるが、「可」とするプロジェクトと「不可」とするプロジェクトとを明確にする上では、5段階の各段階均等割よりも、「不可」を含む段階がある方が適当であること、また、評価委員の評価のしやすさから4段階評価が適当と考えられることから、4段階評価（A（優）、B（良）、C（可）、D（不可））とする。

総合点の活用

総合点については、資源の重点的・効率的配分への反映などプロジェクト全体の評価として活用するために有効であり、評価方法としては現行の評価項目の評点の平均値ではなく、プロジェクト全体に総合点を付けることとする。

2. 評価方法

各項目ごとに4段階（A（優）、B（良）、C（可）、D（不可）<a, b, c, dも同様>）で評価する。

なお、4段階はそれぞれ、 $A(a) = 3$ 点、 $B(b) = 2$ 点、 $C(c) = 1$ 点、 $D(d) = 0$ 点に該当する。

評価シートの記入に際しては、評価シートの《判定基準》に示された基準を参照し、該当と思われる段階に を付ける。

大項目（A, B, C, D）及び小項目（a, b, c, d）は、それぞれ別に評点を付けている。

総合評価は、各項目の評点とは別に、プロジェクト全体に総合点を付ける。

3. 評点結果

評点法による評点結果を以下に示す。

次世代航空機用構造部材創製・加工技術開発

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.75	0.50
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.25	0.50
3. 成果・目標の達成度の妥当性	2.25	0.50
4. 波及効果・事業化についての妥当性	2.00	1.00
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果の妥当性	2.25	0.96
6. 総合評価	2.50	0.58

