

「次世代構造部材創製・加工技術開発④-2、⑤」

中間評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿 .....	1
評価概要（案） .....	2
評点結果 .....	4

## はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき研究評価委員会において設置された「次世代構造部材創製・加工技術開発④-2、⑤」（中間評価）の研究評価委員会分科会（平成29年9月22日）において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、第54回研究評価委員会（平成29年12月13日）にて、その評価結果について報告するものである。

平成29年12月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会「次世代構造部材創製・加工技術開発④-2、⑤」分科会  
（中間評価）

分科会長 横堀 壽光

「次世代構造部材創製・加工技術開発④-2、⑤」(中間評価)

分科会委員名簿

(平成29年9月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	よこぼり としみつ 横堀 壽光	帝京大学 特任教授 戦略的イノベーション研究センター 副センター長
分科 会長 代理	いずい ひろし 出井 裕	日本大学 理工学部 航空宇宙工学科 教授
委員	きたおか さとし 北岡 諭	一般社団法人ファインセラミックスセンター 材料技術研究所 高信頼性材料グループ グループ長
	さとう てつや 佐藤 哲也	早稲田大学 基幹理工学部 機械科学・航空学科 教授
	まつお あきこ 松尾 亜紀子	慶應義塾大学 理工学部 機械工学科 教授
	よねやま たけし 米山 猛	金沢大学 理工研究域 機械工学系 教授

敬称略、五十音順

# 「次世代構造部材創製・加工技術開発④-2、⑤」（中間評価）

## 評価概要（案）

### 1. 総合評価

航空機産業は我が国の技術戦略上有望な分野であり、産学官の密接な連携の下に国際競争力を確実かつ効果的に強化していくことが求められていることから、本事業は NEDO 事業として妥当である。開発を促進させるために実施体制の変更や加速予算の手だてなど、柔軟なマネジメントが実施されている。すでに世界最高レベルの性能を有する素材や要素技術を含む優れた研究成果が得られており、社会貢献にもつながると期待感を感じさせる。また、エンジンメーカーと情報交換をするなど、実用化開発にむけてシームレスに移行できるものと期待される。

今後、総合技術として技術の集約を図り、実用化に向かうために、研究グループ間が情報の共有化を行える場が必要と考える。また、開発した技術やツールが実際に航空機やエンジンの設計、製造に活かされるために、国際的認知度を向上させるための方策も検討することを望む。

### 2. 各論

#### 2. 1 事業の位置付け・必要性について

セラミックス基複合材料（Ceramic Matrix Composites : CMC）技術は我が国が強い競争力を持つものであり、CMC を活用した航空エンジン部品生産能力及びシミュレーションを利用した航空機設計能力の確立を目指す本事業の目的は、産業の創出及び国際競争力のさらなる強化という観点から重要なものである。また、環境面においても貢献できるものである。

このような先進的な素材が航空機に採用されるまでには長い研究開発期間を要するため開発リスクが高いこと、及び厳しい国際競争に打ち勝つためには各機関の協力・連携による効率の良い開発が不可欠なことから、本事業が産学官の密接な連携の下で NEDO 事業として実施されることは妥当である。

#### 2. 2 研究開発マネジメントについて

本事業は、航空機の燃費改善に直接関わるジェットエンジン部品への適用を目指した CMC の全般的な技術開発、及び航空機製造コストの低減を目指したシミュレーションツールの開発であり、事業の目的は妥当である。各分野のトップ企業の参加による実施体制であり、進捗管理も妥当である。航空機エンジン用 CMC への期待が事業開始当時から増していることに対応して、実施体制を NEDO が直接関与する体制に見直したこと及び加速予算の措置を取ったことは、開発を促進させたマネジメントとして特に評価できる。知的財産等に関わる戦略がきわめて難しいこの分野において、その方策も十分考慮されており妥当と思われる。

一方、各グループ間での連携が希薄に感じられるため、研究成果の相互の関連性を認識する機会を出来るだけ設けて情報の共有化を行うなど、有機的な連携体制の構築を望む。

本事業は次期量産機のローンチに合わせた期限の明確な技術開発であるため、今後も海外の技術動向調査やエンジンメーカーとの情報交換を行い、状況に応じて目標を修正するなどの柔軟なマネジメントが望まれる。

### 2. 3 研究開発成果について

全てのテーマにおいて中間目標は概ね達成しており、さらに一部のテーマでは世界最高レベルの性能を有する素材や要素技術の開発にも成功している点は評価できる。また、最終目標達成への道筋も明確に示されており、その達成も期待できる。知財に関しては、CMC材料開発の性格上、権利化するものとノウハウ化して秘匿するものとを適切に区別して取り組まれている。

一方、実用化に向けては使用する際の制約や条件に対応した信頼性が求められるため、定量的な指標を用い、客観的表現で研究結果を評価する必要がある。

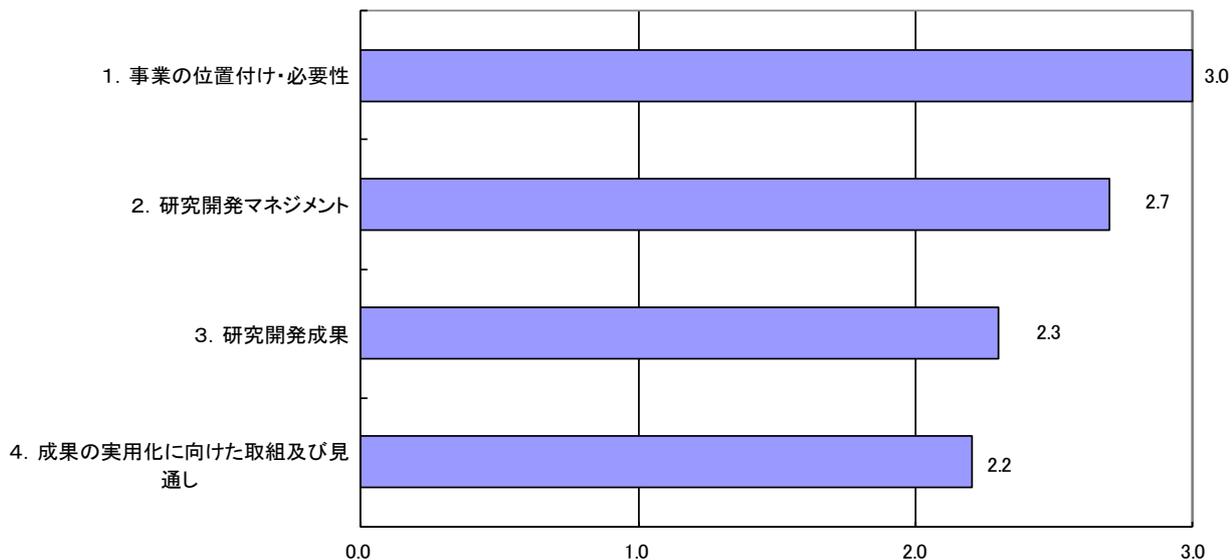
今後、競合技術に対する開発技術の優位性が明らかになるよう、ベンチマークの対象となる材料・技術と比較しながら開発を進めることが望まれる。また、本事業で構築した高いレベルの技術やツールを国際的に認知させる方策も期待する。

### 2. 4 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

CMC材料実用化に向けての国内サプライチェーンの構築に開発部位毎の体制で取り組み、エンジンメーカーと情報交換をしていることから、本事業の開発技術は実用化開発にシームレスに移行できるものと期待される。また、実施者の取りまとめ役にエンジン部品のメーカーが入っており、現場の要求が反映された開発が行われている点も実用化を見据えたものとして評価できる。

今後、実用化に向けての課題抽出とその解決についてのロードマップを再度検討し作成することも良策である。

## 評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)					
		A	A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.7	A	A	A	B	A	B
3. 研究開発成果について	2.3	A	A	B	B	B	B
4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて	2.2	A	B	B	A	C	B

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

### 〈判定基準〉

- |                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について            |
| ・非常に重要 →A          | ・非常によい →A                |
| ・重要 →B             | ・よい →B                   |
| ・概ね妥当 →C           | ・概ね妥当 →C                 |
| ・妥当性がない、又は失われた →D  | ・妥当とはいえない →D             |
| 2. 研究開発マネジメントについて  | 4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて |
| ・非常によい →A          | ・明確 →A                   |
| ・よい →B             | ・妥当 →B                   |
| ・概ね適切 →C           | ・概ね妥当 →C                 |
| ・適切とはいえない →D       | ・見通しが不明 →D               |

研究評価委員会「次世代構造部材創製・加工技術開発④-2、⑤」  
(中間評価) 分科会

日時：平成29年9月22日(金) 10:00～16:25

場所：大手町サンスカイルーム D 室

(東京都千代田区大手町2丁目6番1号 朝日生命大手町ビル27階)

議事次第

【公開セッション】

1. 開会、資料の確認	10:00～10:05	(5分)
2. 分科会の設置について	10:05～10:10	(5分)
3. 分科会の公開について	10:10～10:15	(5分)
4. 評価の実施方法について	10:15～10:30	(15分)
5. プロジェクトの概要説明		
5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント	10:30～10:50	(20分)
5.2 研究開発成果、成果の実用化に向けた取組及び見通し	10:50～11:00	(10分)
5.3 質疑応答	11:00～11:15	(15分)
[入替 5分]	11:15～11:20	(5分)

【非公開セッション】

6. プロジェクトの詳細説明		
6.1 研究開発項目⑤ 航空機用構造設計シミュレーション技術開発 (東北大学) [説明 25分、質疑応答 10分]	11:20～11:55	(35分)
休憩(昼食)	11:55～12:45	(50分)
6.2 研究開発項目④-2 軽量耐熱複合材 CMC 技術開発(高性能材料開発)－繊維開発 (宇部興産) [説明 25分、質疑応答 15分、入替 4分]	12:45～13:29	(44分)
6.3 研究開発項目④-2 軽量耐熱複合材 CMC 技術開発(高性能材料開発)－部材開発 (IHI) [説明 25分、質疑応答 15分、入替 4分]	13:29～14:13	(44分)
6.4 研究開発項目④-2 軽量耐熱複合材 CMC 技術開発(高性能材料開発)－部材開発 (シキボウ) [説明 25分、質疑応答 15分]	14:13～14:53	(40分)
休憩	14:53～15:03	(10分)
6.5 研究開発項目④-2 軽量耐熱複合材 CMC 技術開発(高性能材料開発)－部材開発 (川崎重工業) [説明 25分、質疑応答 15分、入替 4分]	15:03～15:47	(44分)
7. 全体を通しての質疑	15:47～16:02	(15分)
[入替 3分]	16:02～16:05	(3分)

【公開セッション】

8. まとめ・講評	16:05～16:20	(15分)
9. 今後の予定	16:20～16:25	(5分)
10. 閉会		

概要

		最終更新日	平成 29 年 9 月 4 日
プログラム（又は施策）名			
プロジェクト名	次世代構造部材創製・加工技術開発	プロジェクト番号	P15006
担当推進部/ PM、担当者	材料・ナノテクノロジー部 PM 氏名 伊藤浩久（平成 27 年 4 月～平成 29 年 9 月現在） 材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 橋 徹（平成 27 年 4 月～平成 29 年 8 月） 材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 片山 隆（平成 29 年 7 月～平成 29 年 9 月現在） 材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 加茂 哲郎（平成 29 年 9 月～平成 29 年 9 月現在）		
0. 事業の概要	航空機の燃費改善、環境適合性向上、整備性向上、安全性向上といった要請に応えるため、複合材料を始めとした我が国が強みを持つ材料分野における技術革新を促進し、航空機に必要な信頼性・コスト等の課題を解決するための要素技術を開発する。これにより、航空機の燃費改善によるエネルギー消費量とCO <sub>2</sub> 排出量の削減、整備性向上、安全性の向上並びに我が国の部素材産業及び川下となる加工・製造産業の国際競争力強化を目指す。産学官の密接な連携の下での我が国基盤の構築及び関連産業の成長を実現する。		
1. 事業の位置付け・必要性について	<p><b>【事業の必要性】</b></p> <p>世界の民間航空機市場は、年率約5%で増加する旅客需要を背景に今後20年間で、累計約3万から3万5千機（4～5兆ドル程度）となる見通しである。「航空構造ビジョン（平成27年12月11日）」では、国内航空機産業は2020年までに売上高2兆円に、2030年には3兆円を達成としている。国際的な産業競争が激化する厳しい競争の中で、航空機産業では高度な先進技術開発が進められてきており、サプライヤービジネスにおいても今後激しい競争にさらされていくことが予想されるため、我が国においても航空機産業の国際競争力を維持・拡大していく必要がある。航空機は、幅広い分野の技術の組み合わせた複雑なシステムを有しており、その部品点数は、自動車の2～3万点の約100倍に及び300万点もの部品から成り立っており、産業構造の裾野が広い。</p> <p>燃費改善、環境適合性等の市場のニーズに応えるため、近年の航空機（機体・エンジン・装備品）では、軽量化のために構造部材として複合材及び軽金属等が積極的に導入されており、先進的な素材開発及び加工技術開発等が急務となっている。我が国の強みを活かしつつ、民間航空機に求められる安全性、環境適合性、経済性という課題において、他国より優位な技術を獲得し航空機産業の国際競争力を維持・拡大していくことは、極めて重要である。これらを他産業分野へ波及させることにより、輸送機器をはじめとした様々な分野における製品の高付加価値化を進める上で、重要な役割を果たすことも期待されている。</p> <p><b>【政策的位置づけ】</b></p> <p>本事業は、総合科学技術・イノベーション会議により策定されている「科学技術イノベーション総合戦略」、「エネルギー・環境イノベーション戦略」等に則り、構造材料の飛躍的な軽量化等によって輸送機器のエネルギー利用効率の向上を目指すために実施するものである。</p> <p><b>【NEDOが関与する意義】</b></p> <p>NEDOは第三期中期目標におけるミッションとして、「我が国の経済社会が必要とする具体的成果を創出するとともに、我が国の産業競争力の強化、エネルギー・環境制約の克服に引き続き貢献するものとする。」ことを掲げている。</p> <p>本プロジェクトの狙いは、産業構造の裾野が広い航空機産業の国際競争力を維持・拡大し、これらを他産業分野へ波及させることにより、輸送機器をはじめとした様々な分野における製品の高付加価値化を進めることで日本の主要産業の競争力を強化し、新たな産業創成を目指すものであることから、NEDOのミッションと合致する。さらに、素材開発から材料、部材と航空機に採用されるまでには長い研究開発期間を要するためリスクが大きく、また単独企業での開発ではなく産学官の密接な連携の下で激化する厳しい国際的な産業競争に勝つ必要があることから、NEDOプロジェクトとしての実施が妥当である。</p>		

2. 研究開発マネジメントについて							
事業の目標	<p>海外主要 OEM の次期量産機の開発計画にリンクさせて、技術開発を推進している。次期量産機の EIS(Entry into Service 運航開始)は、早ければ 2025 年頃と予想されている。我が国が強みを持つ材料分野における技術革新を促進し、航空機に必要な信頼性・コスト等の課題を解決するための要素技術を開発する。</p> <p>研究開発項目④-2 においては、耐熱性に優れ、金属材料よりも軽量な部材として開発が期待されている CMC の実用化を加速し、その普及拡大による低炭素・省エネルギー社会の実現に寄与するため、CMC 材料及び高性能 SiC 繊維を開発する。</p> <p>研究開発項目⑤においては、設計初期段階から空力と構造及び強度解析をシームレスに連成することで、高い次元での多目的最適設計が可能なシミュレーターを開発する。</p>						
事業の計画内容	実施事項	H27fy	H28fy	H29fy	H30fy	H31fy	
	研究開発項目④-2	—————▶					
	研究開発項目⑤	—————▶					
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位：百万円)	会計・勘定	H27fy	H28fy	H29fy	H30fy	H31fy	総額
	一般会計	—	—	—	—	—	—
	特別会計 (電源・需給の別)	679	923	2,027	2,019	1,382	7,030
	開発成果促進財源	—	—	—	—	—	—
	総予算額	679	923	2,027	2,019	1,382	7,030
	(委託)	679	923	2,027	2,019	1,382	7,030
	(助成) : 助成率△/□						
(共同研究) : 負担率△/□							
開発体制	経産省担当原課	製造産業局 航空機武器宇宙産業課					
	プロジェクトリーダー	国立大学法人東京大学 大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻教授：青木 隆平					
	委託先 (*委託先が管理法人の場合は参加企業数及び参加企業名も記載)	<p>開発項目④-2 (27-29fy) 委託先：宇部興産—再委託 IHI (27fy)、川崎重工業(27fy)、シキボウ(27fy)、群馬大学、山口東京理科大学、特殊無機材料研究所、龍谷大学(29fy) 委託先：IHI—再委託 東京大学、東北大学、—共同実施 JAXA、東京理科大学(28,29fy)、 委託先：川崎重工業—豊田自動織機、イビデン、東京大学(27,28fy)、JAXA(28,29fy)、東京工科大学(29fy) 委託先：シキボウ</p> <p>研究開発項目⑤ (27-29fy) 委託先：東北大学—再委託 川崎重工業、東レ、東京工業大学、上智大学、東京理科大学 —共同実施 三菱航空機、JAXA</p>					

情勢変化への対応	<p>研究開発項目④-2 は、CMC を取り巻く環境の変化から、部材開発を加速するために、27fy に宇部興産の再委託先であった IHI、シキボウ、川崎重工業を委託先とした。研究の進捗に合わせて、再委託先・共同実施先を追加して必要な研究体制を構築した。</p> <p>研究開発項目毎に行われた技術委員会や NEDO 主催の技術推進委員会を通して、研究開発方針の修正等情勢変化に対する対応を行った。</p>	
中間評価結果への対応	—	
評価に関する事項	事前評価	平成 27 年 2 月実施 担当部 電子・材料・ナノテクノロジー部
	中間評価	平成 29 年 9 月実施予定 担当部 材料・ナノテクノロジー部
	事後評価	—
3. 研究開発成果について	<p>1. 研究開発項目④-2「軽量耐熱複合材 CMC 技術開発（高性能材料開発）」</p> <p>(1) CMC 材料の開発</p> <p>【中間目標（平成 29 年度）】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1400℃×400hr 曝露後強度低下 20%以下を満足する CMC 材料を製造可能な、引張強度 2.0GPa 以上の SiC 繊維を安定的に 200kg/年供給できるバッチ焼結技術を確立し、繊維の供給を実施する。</li> <li>第 3 世代 SiC 繊維の三次元プリフォームを製造可能とする条件を設定し、繊維体積割合 30% 以上の織物を試作する。</li> <li>1400℃の耐熱性を持つ安定したマトリクス含浸方法を開発する。</li> </ul> <p>【研究開発成果の概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>試作した SiC 繊維の強度は、全長にわたって 2GPa 以上であること、本試作設備の試作能力は 200kg/年以上であることを確認し、一定量の SiC 繊維を CMC 部材開発向けに供給することが可能となった。</li> <li>従来技術ではできなかった繊維体積割合 30% 以上のプリフォームを作製することが可能となった。</li> <li>1400℃水蒸気雰囲気でも重量変化が少なく、基板との反応性の小さい安定なマトリクスを選定した。マトリクスの形成プロセスも開発し、含浸性が良好であることを確認した。これらにより、マトリクスの形成方法を設定した。</li> </ul> <p>(2) 高性能 SiC 繊維の開発</p> <p>【中間目標（平成 29 年度）】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>引張強度 3.0GPa 以上で高温クリープ特性に優れる SiC 繊維を開発する。</li> <li>繊維評価技術(クリープ特性)を開発する。</li> <li>材料のマイクロ組織を模擬した解析手法を設定する。</li> <li>高性能 SiC 繊維によるプリフォーム製造方法を開発する。</li> <li>高性能 SiC 繊維に適合した CMC 部材の初回製造プロセス方案を決定する。</li> </ul> <p>【研究開発成果の概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SiC 繊維前駆体ポリマー中の焼結助剤成分量と SiC 繊維の特性との相関性を調査し、高強度・高クリープ特性を両立する高性能 SiC 繊維用ポリマーについて知見を得た。組成を最適化することにより、繊維構造が均一化され、強度及び耐クリープ特性が改善した。少量スケールでは高強度・高クリープ特性を両立する SiC 繊維が得られた。</li> <li>高温クリープ特性評価は、BSR 法により再現性良く測定可能であることが分かった。</li> <li>材料のマイクロ組織を模擬した損傷解析手法を設定し、異なる方向における応力-歪み線の予測を行った。</li> <li>第 3 世代 SiC 繊維を用いて、高性能 SiC 繊維によるプリフォーム製造方法を開発中。</li> <li>第 3 世代 SiC 繊維を用いて、高性能 SiC 繊維に適合した CMC 部材の製造プロセス方案をするにあたり、繊維の特性把握を実施中。</li> </ul> <p>2. 研究開発項目⑤「航空機用構造設計シミュレーション技術開発」</p> <p>【中間目標（平成 29 年度）】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>開発上の必要なツールの選定、シミュレーション技術及び解析ツールを開発し、低コスト機体開発を実現するための数値シミュレーションツールを設計する。</li> </ul> <p>【研究開発成果の概要】</p>	

	<p>(1) 分野横断（空力・構造・強度）シームレス機体設計シミュレーターの開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>概念設計、空力解析、簡易構造解析、詳細構造解析までを考慮に入れた最適設計ツールを完成させた。</li> <li>構造要素（シェル要素・はり要素）を用いたFEMコード(NLFEASTR)及びXFEMコード(NLXS3)を開発し、線形弾性解析機能、幾何学的非線形解析機能について妥当性の確認を実施した。</li> </ul> <p>(2) シミュレーション援用による認証プロセスの低コスト化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>連続体要素を用いた拡張有限要素法（XFEM）に基づく損傷進展解析コード（NLXT2D、NLXP3）を開発し、その検証と妥当性の確認を実施した。</li> <li>CFRP積層板の低速横衝撃荷重に対する衝撃損傷の大きさを推定する解析的評価式を導出した。</li> <li>CFRP製のC型構造要素試験片を製作し、衝撃損傷付与後、損傷形態の観察を実施した。さらに圧縮荷重試験を実施し、強度試験データを整理した。</li> <li>衝撃損傷を有するCFRP製のC型構造要素試験片の圧縮試験解析を実施した。</li> </ul> <p>(3) 着氷に関する非定常空力設計シミュレーターの開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>空力解析の実施に必要な情報を取得した。文献では不明な情報（胴体形状、翼ねじり角分布）については、空力解析結果が文献値と対応するように同定した。</li> <li>クリーン翼については定量的な一致、着氷翼（1形態のみ）については定性的な一致が見られた。</li> </ul> <p>(4) 複合材の特性を活かした機体構造設計シミュレーターの開発と実験的検証</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tsai-Wu値で10%改善した成形可能なCFRP最適化を実施した。</li> <li>曲線配向積層が可能なプロトタイプ装置を開発し、曲線配向積層を実施した。</li> <li>自動成形品の品質及び繊維切断部の影響を評価した。</li> <li>材料提供を行い、装置設計案から、装置及び材料の課題を抽出した。</li> </ul>	
	投稿論文	7件
	特許	2件
	その他の外部発表 (プレス発表等)	52件
4. 実用化に向けた取組及び見通しについて	<p>1. 研究開発項目④-2「軽量耐熱複合材 CMC 技術開発（高性能材料開発）」</p> <p>エアラインからの燃費削減圧力は増している。耐熱性に優れ、金属材料よりも軽量な部材の実用化は非常に重要である。本プロジェクトでは、競合をしのぐ低コストの第3世代繊維が開発され、高圧タービン部品及び焼器ライナの部材としての評価も進んでいる。先行する一社とも伍している状況であり、他エンジンメーカーでの部材採用に大いに期待できる場所である。</p> <p>2. 研究開発項目⑤「航空機用構造設計シミュレーション技術開発」</p> <p>H28年までに得られた成果が、MRJ 模擬着氷飛行試験の安全性検討に利用されている。航空機メーカーが航空機開発時の概念設計などに使用し、主要設計パラメーターの効率的な特定を支援するツールとして大いに期待できる。</p> <p>材料メーカーや航空機メーカーが航空機開発における構造認証試験計画等で使用し、認証に必要な材料・構造試験の低コスト化を支援するツールとして大いに期待できる。</p> <p>空力/防氷システム統合設計ツールを汎用化し、次世代の国産航空機的设计・開発に活用可能である。</p> <p>設計シミュレーターの開発検討を通じて、曲線配向 CFRP の製造に適した材料の特性を抽出し、材料を世界に先駆けて標準化することで新しい市場を開拓することが期待できる。</p>	
5. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 27 年 2 月 作成
	変更履歴	平成 28 年 2 月 改訂 平成 27 年度技術推進委員会の審議を踏まえ、研究開発項目①の最終目標値（急冷凝固 KUMADAI マグネシウム合金の引張強度 (Fty) ) を 500MPa から 400MPa に変更し、伸び (EL) の目標値として、5%以上を追加。

◆ 事業実施の背景と事業の目的

【事業の必要性】

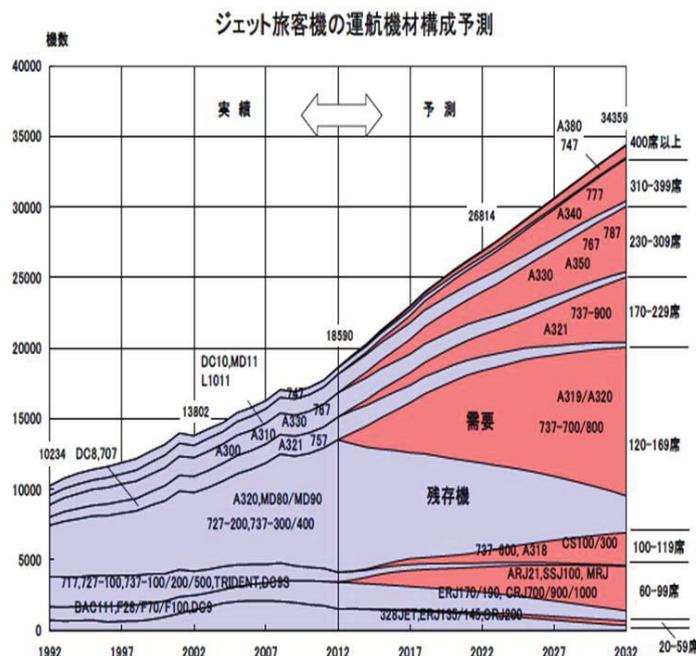
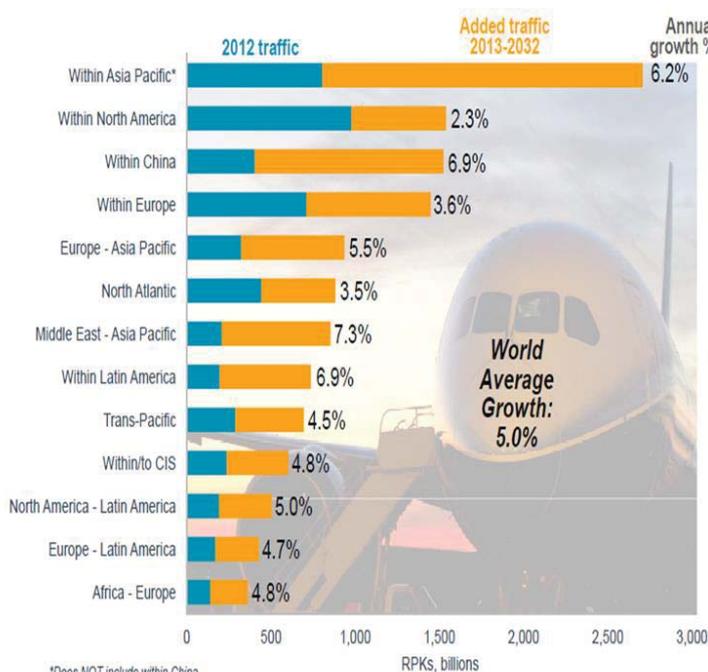
世界の民間航空機市場は、年率約5%で増加する旅客需要を背景に今後20年間で、累計約3万から3万5千機（4～5兆ドル程度）となる見通しである。「産業構造ビジョン2010」では、国内航空機産業を2020年（H32年）迄に2兆円にほぼ倍増させるとともに、2030年（H42年）には売上高3兆円を達成すると謳われている。国際的な産業競争が激化する厳しい競争の中で、航空機産業では高度な先進技術開発が進められてきており、サプライヤービジネスにおいても今後激しい競争にさらされていくことが予想されるため、我が国においても航空機産業の国際競争力を維持・拡大していく必要がある。また、航空機は、幅広い分野の技術の組み合わせた複雑なシステムを有しており、その部品点数は、自動車の2～3万点の約100倍に及ぶ300万点もの部品から成り立っており、産業構造の裾野が広い。

燃費改善、環境適合性等の市場のニーズに応えるため、近年の航空機（機体・エンジン・装備品）では、軽量化のために構造部材として複合材及び軽金属等が積極的に導入されており、先進的な素材開発及び加工技術開発等が急務となっている。我が国の強みを活かしつつ、民間航空機に求められる安全性、環境適合性、経済性という課題において、他国より優位な技術を獲得し航空機産業の国際競争力を維持・拡大していくことは、極めて重要である。また、これらを他産業分野へ波及させることにより、輸送機器をはじめとした様々な分野における製品の高付加価値化を進める上で、重要な役割を果たすことも期待されている。

複合材料を始めとした我が国が強みを持つ材料分野における技術革新を促進し、産官学の密接な連携の下での我が国の航空機産業基盤の構築及び関連産業の成長を実現する。

○世界の民間航空機市場は、年率約5%で増加する旅客需要を背景に、今後20年間の市場規模は、約3万機・4～5兆ドル程度（ほぼ倍増）となる見通し。最も旅客需要が伸びるのはアジア太平洋地域。最も機体需要が多いのは150席級（737、A320）。

世界の旅客需要見通し



出典：航空機素材・製造技術の革新について（経済産業省，H25）

有償旅客キロ (RPK)  
各 有償旅客が搭乗し、飛行した距離の合計。  
有償旅客数 × 輸送距離 (キロ)。

出典：航空機素材・製造技術の革新について（経済産業省，H25）

## II. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

### ◆研究開発目標と根拠

#### ④ - 2軽量耐熱複合材CMC技術開発 (高性能材料開発)

研究開発項目	研究開発目標 (H29中間目標)	根拠
(1)CMC材料の開発 耐熱温度1400℃を達成する第3世代SiC繊維の生産技術を確立するとともに、CMC材料を開発する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 1400℃×400Hr曝露後強度低下20%以下を満足するCMC材料を製造可能な、引張強度2.0GPa以上のSiC繊維を安定的に200kg/年供給できるバッチ焼結技術確立し、繊維の供給を実施する。</li> <li>● 第3世代SiC繊維の三次元プリフォームを製造可能とする条件を設定し、繊維体積割合30%以上の織物を試作する。</li> <li>● 1400℃の耐熱性を持つ安定したマトリクス含浸方法を開発する。</li> </ul>	航空機エンジンの高圧系、特に高圧タービンは環境温度が非常に高くなるため、耐熱性や強度の観点から、CMCの適用が最も難しい部位である。一方、その厳しい環境下に晒されることから交換頻度が高く、利益率の高い部材でもあり参入障壁は高いが、当該分野への参入を果たすことが日本の悲願である。
(2)高性能SiC繊維の開発 応力負荷が大きく環境条件の厳しい部材に適用可能な高性能SiC繊維を開発する。開発したSiC繊維を用いてCMC材料の適用可能性を検証する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 引張強度3.0GPa以上で高温クリープ特性に優れたSiC繊維を開発する。</li> <li>● 繊維評価技術(クリープ特性)を開発する。</li> <li>● 材料のマイクロ組織を模擬した解析手法を設定する。</li> <li>● 高性能SiC繊維によるプリフォーム製造方法を開発する。</li> <li>● 高性能SiC繊維に適合したCMC部材の初回製造プロセス方案を決定する。</li> </ul>	現在、高圧系部材は、欧米のエンジンメーカーに抑えられてしまっているが、我が国としては、強みを有するSiC繊維の更なる高性能化とCMC部材への適用を進めることで、更なる部材の軽量化を実現し、当該分野での競争力を高めていく必要がある。マテリアルが金属からCMCに替わる今が千載一遇の好機である。

## II. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

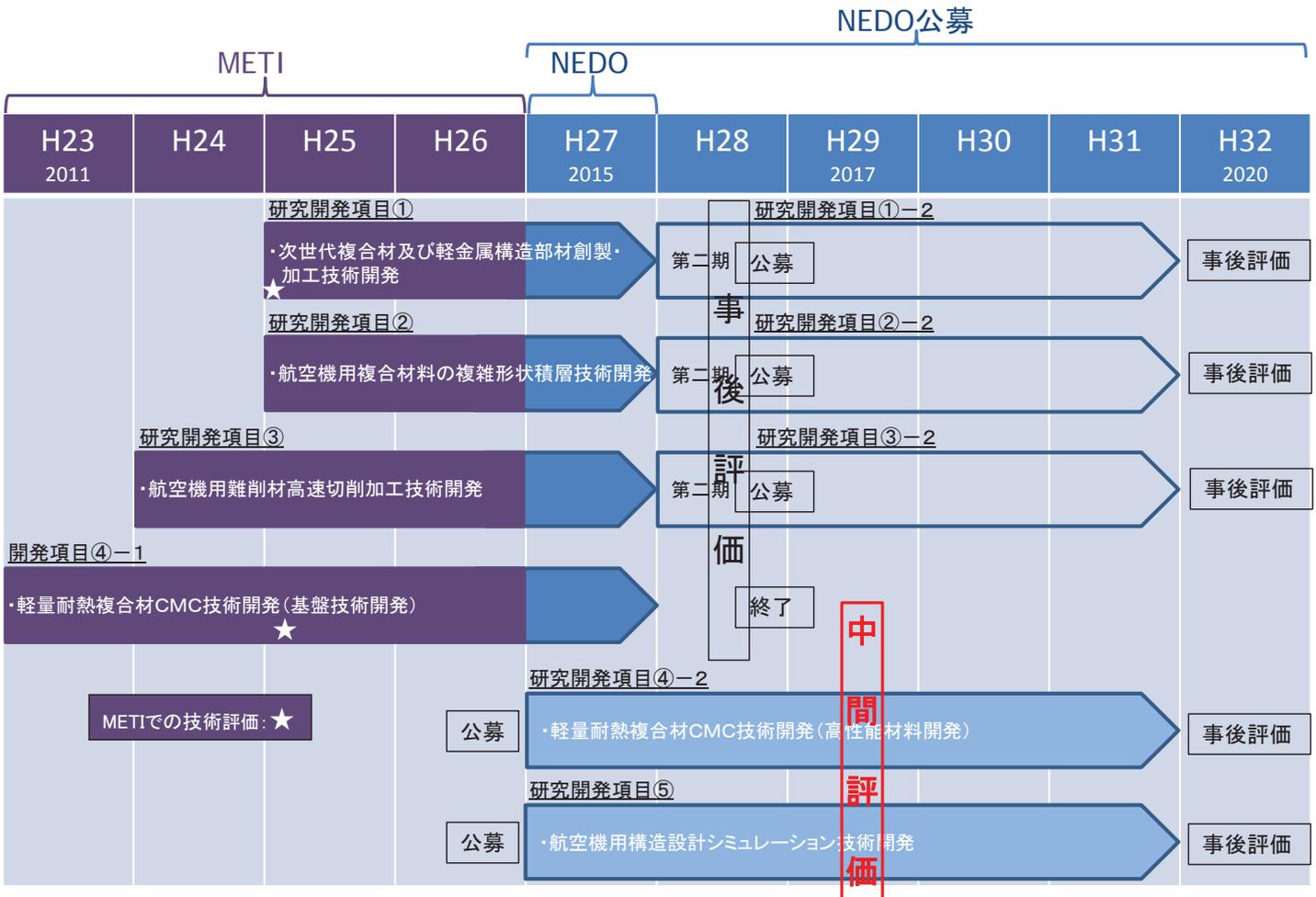
### ◆研究開発目標と根拠

#### ⑤航空機用構造設計シミュレーション技術開発

研究開発項目	研究開発目標 (H29中間目標)	根拠
航空機用構造設計シミュレーション技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 開発上の必要なツールの選定、シミュレーション技術及び解析ツールを開発し、低コスト機体開発を実現するための数値シミュレーションツールを設計する。</li> </ul>	CAEを援用することで、 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 我が国では経験の少ない全機設計を高度化することが可能となり、設計の初期段階から密な擦り合わせを行うことで、後工程での戻り作業を最小化することが可能となる。</li> <li>● 実験数削減、期間短縮等が可能となり、構造認証にかかるコスト削減の一助となる。</li> </ul>

# I. 事業の位置付け・必要性

## (1) 事業の目的の妥当性

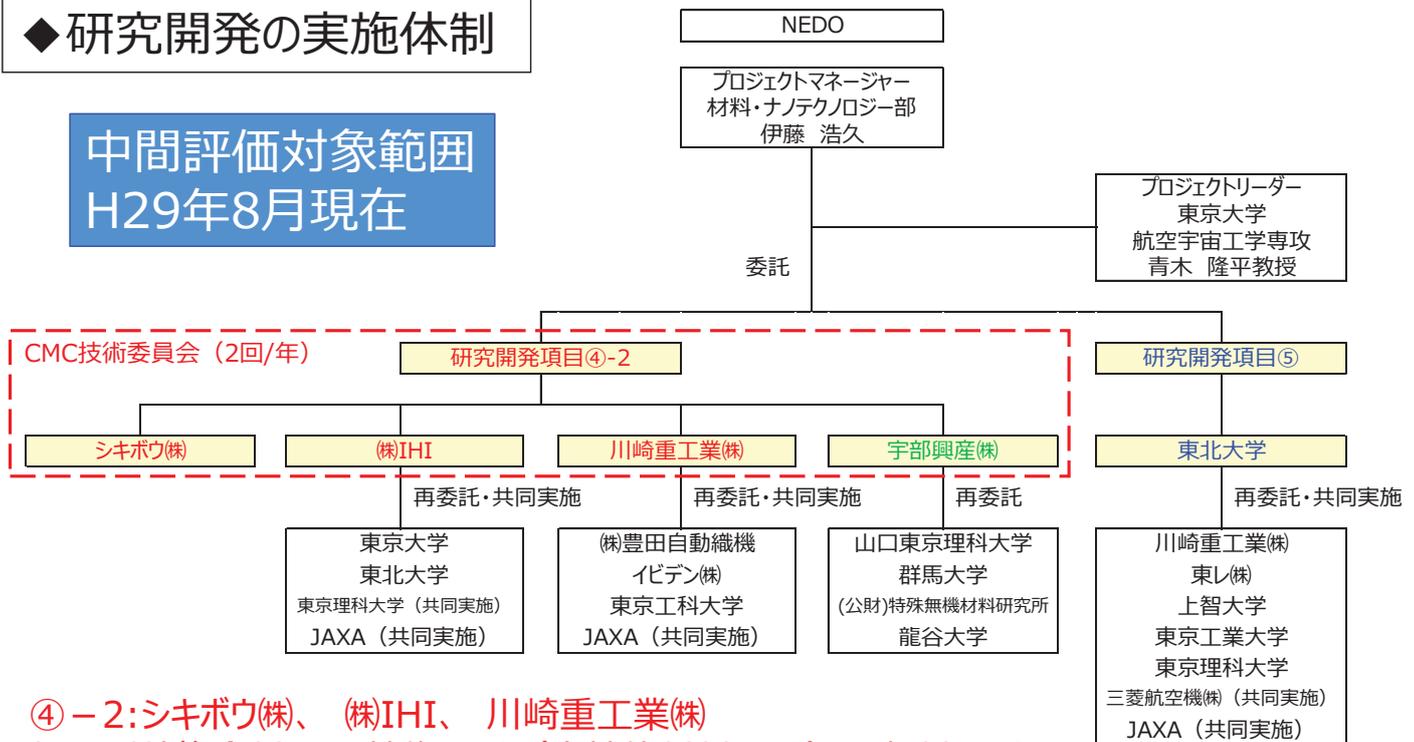


# II. 研究開発マネジメント

## (3) 研究開発の実施体制の妥当性

### ◆ 研究開発の実施体制

中間評価対象範囲  
H29年8月現在



④-2:シキボウ(株)、(株)IHI、川崎重工業(株)  
軽量耐熱複合材CMC技術開発(高性能材料開発) - 部材開発

④-2:宇部興産(株)  
軽量耐熱複合材CMC技術開発(高性能材料開発) - 繊維開発

⑤:東北大学・流体科学研  
航空機用構造設計シミュレーション技術開発

◆プロジェクト費用

◆予算規模

(単位：百万円)

研究開発項目	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	平成31年度	合計
④-2軽量耐熱複合材CMC技術開発 (高性能材料開発)	642 うち 加速予算 182	885	1,990 うち 加速予算 300	(1,982)	(1,345)	(6,845)
⑤ 航空機用構造設計シミュレーション 技術開発	37	37	37	(37)	(37)	(185)
合計	679	923	2,027	(2,019)	(1,382)	(7,030)

3年間Total  
3,629百万円