

炭素繊維複合材料の革新的設計・  
加工技術の開発事業  
事前評価報告書

平成24年6月

産業構造審議会産業技術分科会

評 価 小 委 員 会

(注)「炭素繊維複合材料の革新的設計・加工技術の開発事業」は、事業名「革新的新構造材料等技術開発」の一部として概算要求がなされている。

## 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、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、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20年10月31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21年3月31日改正)を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

今回の評価は、炭素繊維複合材料の革新的設計・加工技術の開発事業の事前評価であり、評価に際しては、当該研究開発事業の新たな創設に当たっての妥当性について、省外の有識者から意見を収集した。

今般、当該研究開発事業に係る検討結果が事前評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会(小委員長:平澤 冷 東京大学名誉教授)に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成24年6月

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会  
委員名簿

委員長	平澤 冷	東京大学 名誉教授
	池村 淑道	長浜バイオ大学 バイオサイエンス研究科研究科長・学部学部長 コンピュータバイオサイエンス学科 教授
	大島 まり	東京大学大学院情報学環 教授 東京大学生産技術研究所 教授
	太田 健一郎	横浜国立大学 特任教授
	菊池 純一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	小林 直人	早稲田大学研究戦略センター 教授
	鈴木 潤	政策研究大学院大学 教授
	中小路 久美代	株式会社SRA先端技術研究所 所長
	森 俊介	東京理科大学理工学部経営工学科 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 主席研究員

(委員敬称略、五十音順)

事務局:経済産業省産業技術環境局技術評価室

炭素繊維複合材料の革新的設計・加工技術の開発事業の評価に当たり  
意見をいただいた外部有識者

梶原 莞爾 信州大学繊維学部特任教授

川原 英司 A. T. カーニー株式会社パートナー

古川 勇二 職業能力開発総合大学校校長

(敬称略、五十音順)

事務局: 経済産業省製造産業局繊維課

炭素繊維複合材料の革新的設計・加工技術の開発事業の評価に係る省内関係者

【事前評価時】

製造産業局 繊維課長 田川 和幸

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 岡本 繁樹

炭素繊維複合材料の革新的設計・加工技術の開発事業事前評価  
審 議 経 過

○新規研究開発事業の創設の妥当性に対する意見の収集(平成24年5月)

○産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会(平成24年5月29日)  
・事前評価報告書(案)について

○新規研究開発事業の創設の妥当性に対する意見の収集(平成24年6月)

○産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会(平成24年6月15日)  
・事前評価報告書(案)について

## 目 次

はじめに

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会 委員名簿

炭素繊維複合材料の革新的設計・加工技術の開発事業事前評価に当たり意見をいただいた外部有識者

炭素繊維複合材料の革新的設計・加工技術の開発事業の評価に係る省内関係者

炭素繊維複合材料の革新的設計・加工技術の開発事業事前評価 審議経過

	ページ
第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要	
1. 技術に関する施策の概要 .....	1
2. 新規研究開発事業の創設における妥当性等について .....	1
3. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等 .....	6
第2章 評価コメント .....	9
第3章 評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針 .....	13
参考資料 革新的新構造材料等技術開発の概要(PR資料、8月末現在)	

# 第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

## 1. 技術に関する施策の概要

炭素繊維は軽い(鉄の約1/4倍)、強い(鉄の約10倍)、硬い(鉄の約7倍)、錆びない等の特徴をもつ素材。この炭素繊維と樹脂の複合材料である炭素繊維強化樹脂(Carbon Fiber Reinforced Plastic:CFRP)は、輸送機器の省エネ化に寄与する構造材料<sup>※1</sup>として、世界的な需要拡大が見込まれる。

現時点ではCFRPの需要は航空機などに限られているが、今後は「省エネルギー技術戦略2011」に示されたように、運輸部門のエネルギー消費量の9割を占める自動車をはじめ、鉄道車両など大量生産される輸送機器に拡大し、省エネルギーの向上を加速する必要がある。

そのほかCFRPの特性が活かされる分野としては、医療・介護用品、産業ロボット、風車、土木建設等が考えられ、多岐にわたる産業での需要拡大が期待されている。

しかし、国内のサプライチェーンの現状は、川上の炭素繊維・樹脂メーカー及び川下の自動車・産業用ロボットなどの製品メーカーは他国の追随を許さない高い技術力を有しているものの、量産プロセスの中核となる川中の加工メーカー(中間部材・部品メーカー)、装置メーカーの技術力は欧米に比べて遅れている。そのため、将来有望なCFRPであっても、国内には中間加工メーカーが不在のため、最終製品に活用していくことは困難である。

そのような産業構造の問題を解決するため、本事業では、サプライチェーンの中間にあたる加工・装置産業の競争力強化を目的として、設計・加工技術にかかる以下の研究開発を実施する。

### ①熱可塑性CFRPの材料特性評価技術の開発

- ・ 構造材に用いることを前提とした耐久性、衝撃特性、耐熱性、弾性率、強度、接合性等の評価手法開発及び標準化
- ・ 樹脂中繊維の流動挙動の解明

### ②熱可塑性CFRPの設計理論の確立

- ・ 材料特性、部材性能、加工条件と部材構造の関連づけ(シミュレーション)

### ③熱可塑性CFRPの加工技術の開発

- ・ 加工工程、搬送工程における熱・圧力の制御
- ・ 異材接合技術

上記技術は、熱可塑性CFRPの材料としての信頼性を担保し、その量産活用に向けた基盤技術であるため、企業単独の技術の延長では開発は難しく、素材や製品メーカー、研究機関等のノウハウを活用して、産学官共同によって、初めて成し得る先進性の高い技術である。かつ、広範な産業分野に適用可能な公共性の高い技術である。

なお、本事業は2008～2012年度まで実施した『サステナブルハイパーコンポジット技術の開発』及び2011年度から実施している『革新炭素繊維基盤技術開発』と密接に関連するものであり、その詳細については後述する。

※1: 昨年就航したボーイング787は、重量比で50%のCFRPが使用され、約20%の燃費改善に成功している。

## 2. 新規研究開発事業の創設における妥当性等について

- ①事業の必要性及びアウトカムについて(研究開発の定量的目標、社会的課題への解決や国際競争力強化への対応等)

## イ)事業の必要性

### 【産業競争力強化の観点からの必要性】

現在、CFRPの最終用途は航空宇宙や風車分野等に限定されているため、炭素繊維の国内消費量は世界全体の1割弱と極めて少ない。その結果、欧米では航空機で培われた加工技術が発達しているのに対して、日本には加工メーカー、装置メーカーが十分に育っておらず、そのため加工技術も進展せず、新たな製品の開発につながってはいない。

最近、欧米の製品メーカーのなかには、欧米での航空機向け熱硬化性CFRP、ガラス繊維複合材料の加工技術を前提として、日本の炭素繊維メーカーと共同で製品開発に取り組む事例が見られるが、日本では複合材料の設計・加工技術が蓄積されていないため、同様の取り組みは行われにくい。

このまま日本の設計・加工技術が進展しなければ、日本の製品メーカーと海外中間加工メーカーの共同開発等がいずれ開始され、さらには炭素繊維の海外品調達が行われていくと想定される。こうした動きが拡大すれば、国内には炭素繊維の利用にかかるノウハウは蓄積されず、さらに炭素繊維そのものの競争力は、新興国の台頭により、いずれ失われることにもなりかねない。

このため、1. に示したCFRPの量産化活用技術により、川中産業を強化し、炭素繊維を軸とした国内サプライチェーンの構築を図ることが必要である。

### 【CFRPの市場拡大の観点からの必要性】

軽量・高強度の特性を有するCFRPは、輸送機器、産業機械、医療福祉機器、電気電子機器、社会インフラ等の広範な産業分野への適用が考えられる。

しかし、そのような分野にCFRPを適用するためには、量産化に対応する材料及び設計・加工技術が必要である<sup>※2</sup>。例えば、自動車にCFRPを使用するためには、成形時間を1分程度にする必要があるが、現在実用化されているCFRPは熱硬化性であり、オートクレーブによる成形では数時間、RTM(Resin Transfer Molding)成形の場合でも10分程度を要するため、量産化には適さない。

前述の『サステナブルハイパーコンポジット技術の開発』では、要求性能があまり厳しくなく、加工が容易な二次構造材で既存素材からの置き換えに対応するため、まず熱可塑性CFRPを開発することによって、材料の問題を解決した。

しかし、熱可塑性CFRPを量産製品に本格的に適用していくためには、設計・加工にかかる技術的課題<sup>※3</sup>がまだ残されている。具体的には1. に示した研究内容であるが、これらは既存の熱硬化性CFRPやガラス繊維複合材料の使用では考慮されなかった技術要素であり、今後熱可塑性CFRPを使用していくために必要不可欠となる先進性の高い技術である。

※2: このほか、部品のコスト低減および炭素繊維の安定供給も大きな課題である。部品コストの大半を占める炭素繊維のコストダウンや安定供給は『革新炭素繊維基盤技術開発』により実現可能である。

※3: 例えば、

- 1) 衝撃を受けたときの層間剥離性、長期的に温度差や荷重が加わったときの耐久性などの評価方法がなく、これらの性能が成形条件や部品形状によってどのように変化するかシミュレーションする技術がないと、材料としての信頼性が確保できない。
- 2) 異素材と組み合わせた場合も含め、衝撃エネルギーをどう逃がすか、荷重をどう支えるかなどの設計理論がなく、製品設計において安全性が保証できない。
- 3) 熱可塑性CFRP用の加工技術がなく、従来の鋼板用のプレス成形法や樹脂用の射出成形法で行っても、高強度を保って、複雑形状を一体成形できる熱可塑性CFRPの特性を活かしきれない。

## ロ)アウトカム(目指している社会の姿)の具体的内容とその時期

本事業の終了後に次のようなアウトカムにつながるものと期待される。

### ①輸送機器の軽量化による燃費の向上

②医療・介護用品の軽量化、安全性向上

③産業機器の軽量化による操作性向上

④社会インフラの耐久性の向上

アウトカムの具体例として、上記①においては、2020年から熱可塑性CFRPを一次構造材として使用した量産車の市場投入が想定され、CO<sub>2</sub>排出量の低減に貢献する。

ハ)アウトカムが実現した場合の経済や競争力、問題解決に与える効果の程度

熱可塑性CFRPの構造材としての市場の拡大に伴って、川中産業における設計・加工技術の蓄積がなされ、メーカーの業容の拡大、新規の収益基盤の形成、雇用の維持・創出が図られ、日本の製造産業の競争力の維持・強化が図られる。

また、輸送機器の軽量化による省エネ化、CO<sub>2</sub>排出量の削減が図られる。

ニ)アウトカムに至るまでに達成すべきいくつかの中間段階の目標(技術的成果等)の具体的内容とその時期

本事業の中間段階(2015年)においては、次の内容の取り組みを目指す。

①熱可塑性CFRPの材料特性に係る評価方法の検討と検証

②熱可塑性CFRPの設計理論の構築と検証

③加工装置の熱や圧力の制御技術の検討と検証

なお、事業実施に当たっては推進委員会を設置し、定期的に研究開発の進捗確認を行うとともに研究開発の方向性を確認し、必要に応じて研究内容や目標の見直しを行うこととする。

## ② アウトカムに至るまでの戦略について

イ)アウトカムに至るまでの戦略(研究開発のみならず、知財管理の取扱、実証や国際標準化、性能や安全性基準の策定、規制緩和等を含む実用化に向けた取組)

### 【標準化・知財管理】

世界初の熱可塑性CFRPの開発に続いて、本事業で開発する熱可塑性CFRPの評価手法は早期に国際規格化、設計理論については早期にデファクトスタンダード化することなどによって、国内産業の競争力は将来にわたって圧倒的な優位性を有することとなる。

さらに本事業により得られた評価手法や設計理論にかかる知財をパテントプールなどにより、川中産業で広く活用できる仕組みを構築することによって、日本の加工・装置産業の競争力強化が図られる。

### 【異業種連携】

本事業は、技術開発の実施のみならず、その後の事業化につなげることも考慮して、既存の優れた技術や知見を有し、それを相互に補完できる川上から川下の企業、研究機関等からなる推進体制を構築し、それぞれの役割を明確にしつつ、開発を実施する。

また、本事業では輸送機器、産業機械、医療福祉機器、電気電子機器、社会インフラ等の広範な分野への適用が可能となるような研究開発目標を設定する。

### 【社会システム構築】

新規素材である熱可塑性CFRPの利用拡大が進むにつれ、リサイクルや修理などの社会システムの構築が不可欠である。そのため、行政及び関係業界が共同でこれら社会システムの構築に向けての検討を本事業とは別に行う。

ロ)成果のユーザーの段階的イメージ・仮説(技術開発成果の直接的受け手や社会的インパクトの実現までのカギとなるプレイヤーは誰か)

本事業の成果は、輸送機器、産業機械、医療福祉機器、電気電子機器、社会インフラ等の広範な産業分野で利用されることにより、熱可塑性CFRPを部材として加工を行うメーカー、装置メーカー等の技術の蓄積が図られる。

それによって、川中産業の裾野が広がり、国内のサプライチェーン全体の競争力の維持・強化が図られる。

### ③次年度に予算要求する緊急性について

欧米では、航空機で培われた熱硬化性CFRPの材料・加工技術を応用した量産製品への適用技術の開発が活発化しており、新たな市場獲得に向けた大競争状態にある<sup>※8</sup>。

このような中で、日本は加工技術で遅れをとっているものの、『サステナブルハイパーコンポジット技術の開発』で量産化に有利な熱可塑性CFRPの開発に成功し、『革新炭素繊維基盤技術開発』で炭素繊維のコストダウンと安定供給を目指している。

さらに、熱可塑性CFRPをベースとした基盤的設計・加工技術の開発を行うことによって、川中産業の技術力が向上し、国内に炭素繊維を軸としたサプライチェーンが構築される。

今、国内の川中メーカーを育成しなければ、日本の製品メーカーにとって極めて不利な状況が続き、ひいては市場参入の機会を逃し、将来的に市場を獲得できなくなることは十分にあり得る。

したがって、迅速かつ着実な予算確保は、広範な産業分野への熱可塑性CFRPの適用を見据え、国内製造産業の優位性を将来的に維持・強化する上で必須である。

※8: 今年4月にフォード・モーターは、トルコのメーカー(ダウ・ケミカルが出資)の炭素繊維を使用して、2020年までに1台当たり340kgの軽量化を図った量産車を開発すると発表。2011年12月にゼネラル・モーターズと帝人、2010年4月にBMWとSGLグループが同様の共同開発を発表している。

### ④国が実施する必要性について

イ)科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性(我が国が強みを持ち、世界に勝てる技術分野か、また、他の研究分野等への高い波及効果を含む)

最近、欧米の製品メーカーのなかには、欧米での航空機向け熱硬化性CFRP、ガラス繊維複合材料の加工技術を前提として、日本の炭素繊維メーカーと共同で製品開発に取り組む事例が見られるが、日本では複合材料の設計・加工技術が蓄積されていないため、同様の取り組みは行われにくい。

このまま日本の設計・加工技術が進展しなければ、日本の製品メーカーと海外中間加工メーカーの共同開発等がいずれ開始され、さらには炭素繊維の海外品調達が行われていくと想定される。こうした動きが拡大すれば、国内には炭素繊維の利用にかかるノウハウは蓄積されず、さらに炭素繊維そのものの競争力は、新興国の台頭により、いずれ失われることにもなりかねない。

もし、本事業で開発しようとする熱可塑性CFRPの量産活用技術を企業が独自で開発する場合は、開発コストの重複、開発期間の長期化が起こり、その成果を国内産業全体に広く普及することは困難となる。

また、欧米の取り組みを見ると、過去から政府支援のもとで航空機用のCFRPや加工技術の開発が行われ、現在では量産分野への応用を目指して、大学や素材、加工、製品の各メーカーの垂直連携による集中的で大規模な研究開発が進行している。さらに、炭素繊維の製造に関しては、中国では国家戦略のもと、既に10社を超える企業が炭素繊維製造を開始し、韓国政府でも官民共同で250億円規模の予算を投入して開発支援を行っているが、こうした国を挙げての取組は将来のCFRPの市場獲得を見込んでのものである。

したがって、熱可塑性CFRPの構造材としての適用について、技術的な国際競争力を早期に確保するために、日本でも国が主導して、企業、研究機関等を総動員して、効率的に、

かつ早急に、量産活用に向けた基盤技術開発を行うことが必要不可欠である。

ロ) 未来開拓研究、民間とのデマケの整理等

**【既存の研究開発事業との関係】**

『サステナブルハイパーコンポジット技術の開発』では、熱可塑性CFRPを開発し、高速成形や接合など易加工性も確認した。しかし、熱可塑性CFRPを使いこなすことができる加工メーカーが育っていないため、その用途は、既存の部品ごとに、樹脂等からCFRPに置き換えるなど、限定的なものとなる。本事業により設計・加工にかかる基盤技術が開発されれば、これを基礎にして、金属加工メーカーがCFRP加工に新規参入することも容易となり、熱可塑性CFRPの加工メーカーの裾野が広がり、加工技術も高度化する。これにより、例えば自動車産業では製造方法を抜本的に進化させるような高度な加工が可能となり、ひいては大幅な軽量化による省エネ効果が得られると期待される。

また、『革新炭素繊維基盤技術開発』では、生産効率を10倍にする新たな製造プロセスを開発しており、将来の炭素繊維の需要拡大に対する安定供給と炭素繊維のコストダウンが図られる。

**【民間とのデマケ】**

本事業では、広範な量産製品にCFRPを活用していくうえでの基盤的技術を開発するものであり、川中産業に導入されることにより、サプライチェーン全体の競争力強化が図られる。その結果、当該技術をベースとして、企業の素材開発力及び製品開発力がより一層強化されることとなる。

⑤省内又は他省庁の事業との重複について

重複はない。

### 3. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等

図表 3.33 炭素繊維・複合材料(移動体・その他)分野の技術ロードマップ

ファイバー分野の技術ロードマップ〔炭素繊維・複合材料(移動体)分野(1/5)〕

大項目	小項目	No.	ファイバーに求められる性能及び機能	研究開発の方向性	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
全用途共通	全用途に共通する重要課題	2101	コストパフォーマンス	(1)高加工性・環境負荷低減技術 ①低コスト炭素繊維 ②熱可塑性複合材料 ③新規中間素材 ④高速成形																
		2102	リサイクル	(2)繊維強化材のリサイクル技術と体制 ①焼飛ばし法の量的リサイクル技術確立 ②化学分解法開発 ③リサイクル繊維及び樹脂の再利用法 ④リサイクル社会システムの確立																
自動車	外板部材	2201	外観(塗装性)	(1)表面欠点解消成形技術(ガス塗装)																
	フード トランクリッド スポイラー	2202	設計・成形の自由度	(2)成形・評価法の開発 ①疲労性、寸法精度、接合性などの評価法 ②均一分散技術 ③深絞り形状成形技術																
	屋根	2203	金属との接合	(3)複合材料の接合技術																
	ドアパネル トラック架装																			
	駆動装置	2204	制振性	(1)制振化技術(金属以下)																
ドライブシャフト	2205	剛性	(2)炭素繊維およびCFRPの高強度・高弾性化																	

ファイバー分野の技術ロードマップ〔炭素繊維・複合材料(移動体)分野(2/5)〕

大項目	小項目	No.	ファイバーに求められる性能及び機能	研究開発の方向性	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
自動車	車体(ボディ)	2206	寸法安定性	(1)低線膨張化技術																
		2207	耐衝撃性	(2)高速衝突時の破断防止材料技術																
		2208	成形技術	(3)成形性改善 ①薄層多軸プリプレグシートとその成形法の開発 ②バリの出ない加工法 ③等方特性の発現 ④母材の層造化、繊維と母材の密着、フィラー選定、解析等 ⑤炭素繊維含有率が低くて高物性が得られる繊維配向 ⑥EB・UV照射技術 ⑦高アスペクト比短繊維(紡績系)材開発・適用																
	パネル	2209	高速成形	(1)高性能ベレット生産技術																
	インテリアパネル	2210	外観(塗装性)	(2)高品位外観性																
	エンジンカバーなど	2211	耐熱性	(1)炭素繊維入り耐熱性樹脂ベレット																
		2212	安全性	(2)安全性、吸振(音)性																
	燃料タンク 高压ガス(NG、 水素)タンク	2213	高強度	(1)炭素繊維の高強度化																
		2214	成形性	(2)欠陥が発生しないVW成形技術																
		2215	耐衝撃性	(3)CFRPの耐衝撃性改善																
	その他自動車部品 各種機構部品	2216	耐熱性	(1)耐熱性に優れた炭素繊維強化熱可塑性プラスチック																
		2217	耐摩耗性	(2)摺動摩耗性向上																
2218		成形性	(3)繊維の均一分散配向、熱可塑性樹脂の射出成形技術																	

ファイバー分野の技術ロードマップ【炭素繊維・複合材料(移動体)分野(3/5)】

大項目	小項目	No.	ファイバーに求められる性能及び機能	研究開発の方向性	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
航空機	一次構造材	2301	高強度、高剛性	(1)炭素繊維の強度、弾性率アップ	革新的炭素繊維の開発(強度、弾性率アップ) 目標:20%up																
		2302	靱性	(2)CFRPの靱性改善	繊維-樹脂界面性能の向上 (耐衝撃性及び靱性の改善)																
	垂直尾翼、水平尾翼	2303	コストパフォーマンス	(3)簡便な非破壊検査技術	製品評価・メンテナンス技術(簡便な非破壊検査)																
		2304	成形および仕上げ加工性	(4)成形および仕上げ加工技術 ①高強度・超軽量プリフォームの製作技術(ドライ・プリフォーム) ②非加熱硬化型樹脂 ③一体成形技術 ④被機械加工性	ドライプリフォーム技術の向上 高機能性CFRPの革新成形技術開発(EB・UV照射用樹脂開発) 一体成形技術の簡易化 CFRPの機能性向上(被加工性改善・革新穴あけトリム加工法)																
	主翼外板 主翼材材 胴体	2305	メンテナンス	(5)メンテナンス技術 ①ダメージを示す樹脂システム ②ダメージ発見の容易なシステム ③簡易修理方法	製品評価・メンテナンス技術の開発 (ダメージを示す樹脂システム) ダメージ発見技術の開発 製品評価・メンテナンス技術開発(修理方法)																
		2306	高機能性 (耐エロージョン、電波透過性・吸収性・耐雷性)	(6)高機能性能 ①耐エロージョン対策のされた複合材 ②電波透過・電波吸収複合材・耐雷性向上	CFRPの機能性・信頼性向上(振動摩耗性・耐エロージョン) 目標:ニッケル塗みの耐エロージョン性 CFRPの機能性・信頼性向上(電波透過・電波吸収特性・耐雷性)																
	二次構造材	昇降舵、方向舵 フェアリング フラップ	2307	成形および仕上げ加工性	(1)成形および仕上げ加工技術 ①高強度・超軽量プリフォームの製作技術(ドライ・プリフォーム) ②非加熱硬化型樹脂 ③一体成形技術 ④被機械加工性	ドライプリフォーム技術の向上 高機能性CFRPの革新成形技術開発(EB・UV照射用樹脂開発) 一体成形技術の簡易化 CFRPの機能性向上(被加工性改善・革新穴あけトリム加工法)															
			2308	メンテナンス	(2)メンテナンス技術 ①ダメージを示す樹脂システム ②ダメージ発見の容易なシステム ③簡易修理方法	製品評価・メンテナンス技術の開発 (ダメージを示す樹脂システム) ダメージ発見技術の開発 製品評価・メンテナンス技術開発(修理方法)															

ファイバー分野の技術ロードマップ【炭素繊維・複合材料(移動体)分野(4/5)】

大項目	小項目	No.	ファイバーに求められる性能及び機能	研究開発の方向性	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
航空機	翼リーディングエッジ	2309	耐衝撃性	(1)CFRPの耐衝撃性改善	繊維-樹脂界面性能の向上 (耐衝撃性及び靱性の改善) 目標:層間せん断強度ILSS:10kg/mm2以上 CAI(1500in.Lb./in)≧30kg/mm2																
		2310	高機能性	(2)高機能性能 ①耐エロージョン対策のされた複合材 ②フロアの不燃性	CFRPの機能性向上(振動摩耗性・耐エロージョン) 目標:ニッケル塗みの耐エロージョン性 高性能不燃材開発																
	超高速ジェット機	構造部材	2311	耐熱性	(1)高耐熱性樹脂開発	マトリックス樹脂開発(耐熱性樹脂)															
			2312	靱性	(1)高靱性樹脂開発	繊維-樹脂界面性能の向上 (耐衝撃性及び靱性の改善)															
	エンジン	カウリング ノーズコン ファンブレード フロベラ	2313	メンテナンス	(2)修理方法開発	製品評価・メンテナンス技術開発(修理方法)															
			2314	耐熱性	(1)流動性の良い耐熱性熱可塑性樹脂	マトリックス樹脂開発(流動性の良い耐熱性樹脂) 目標:舌深温度で1トイ															
	ヘリコプター部材	胴体 ローターブレード	2315	コストパフォーマンス	(2)強度利用率の良い炭素繊維および熱可塑性樹脂	マトリックス樹脂開発 (強度利用率の良い熱可塑性樹脂) 炭素繊維マトリックスの 導電化検討															
			2316	耐衝撃性・耐エロージョン	(3)耐衝撃性、耐エロージョン	繊維-樹脂界面性能の向上 (耐衝撃性、耐エロージョン性)															
	その他航空・宇宙 (ロケット等)	ロケット構造 燃料タンク	2317	靱性	(1)高靱性複合材料開発 ①炭素繊維およびCFRPの高伸度、高強度化 ②高サイクル疲労強度複合材料開発	革新的炭素繊維の開発(強度、弾性率アップ) CFRPの機能性・信頼性向上(複合材の高強度・高弾性率化)															
			2318	振動吸収性	(2)振動吸収構造材	CFRPの機能性・信頼性向上(振動吸収構造材(金属以下))															
2319			耐衝撃性	(3)耐衝撃性改善	繊維-樹脂界面性能の向上 (耐衝撃性及び靱性の改善)																
鉄道車輛	ボディー 台車	2401	大型品成形技術	(1)大型品の成形技術	高性能CFRP成形技術開発(大型品)																
		2402	不燃性	(2)熱特性の改善	CFRPの機能性・信頼性向上(耐火性)																
		2403	耐衝撃性	(3)CFRPの耐衝撃改善	繊維-樹脂界面性能の向上 (耐衝撃性及び靱性の改善)																
船舶	外板、マスト 船体	2501	耐衝撃性	(1)CFRPの耐衝撃改善	繊維-樹脂界面性能の向上 (耐衝撃性及び靱性の改善)																
		2502	金属との接合	(2)複合材の接合技術	接合・接着及び界面処理技術(複合材の接合)技術																

ファイバー分野の技術ロードマップ [炭素繊維・複合材料(移動体)分野(5/5)]

大項目	小項目	No.	ファイバーに求められる性能及び機能	研究開発の方向性	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025			
その他	搬送ロボット ロボットアーム	2601	剛性	(1)高弾性率炭素繊維	革新的炭素繊維の開発(強度、弾性率アップ)																	
		2602	寸法精度	(2)硬化収縮の少ない樹脂	CFRPの機能性・信頼性向上(低硬化収縮)																	
		2603	成形性	(3)成形性改善 ①成形の再現性 ②寸法精度・安定性	CFRPの機能性・信頼性向上(成形性) 高性能CFRP成形技術開発(寸法精度・安定性向上)																	
	パーソナル移動体 パーソナルカー 人型ロボット 補助ロボット 車椅子 義足、義手	2604	軽量、機動性、簡易性	(1)成形性改善 ①モノコック構造 ②携帯容易な軽量素材	CFRP設計・成形・計測及び接合技術 超軽量高強度化技術																	
		2605	環境適合、安全、快適	(2)信頼性向上	製品安全性、快適性向上																	
	上記分類以外	2606	ゴムとの複合化	(1)ゴム、基布等との複合化、その他ゴム改質材料の開発	高弾性接合・接着及び表面処理技術(ゴム、基布等との複合化)																	
		2607	フィルムとの複合化	(2)フィルムインサート技術	接合・接着及び表面処理技術(フィルムインサート技術)																	
		2608	表面修飾	(3)塗装フィルム	接合・接着及び表面処理技術(塗装フィルム技術)																	
		2609	高強度	(4)高強度化	CFRP機能性・信頼性向上(CFRPの高強度化)																	
		2610	耐火性・耐震性	(5)耐火性向上、有効な耐震補強材	CFRPの機能性・信頼性向上(耐火性、耐震性)																	
	2611	耐熱性	(6)高熱点熱可塑性ポリマー	マトリックス樹脂開発(高熱点熱可塑性ポリマー)																		
部材共通基盤技術	(1)設計技術	2701	効率的な構造設計、強度及び剛性の利用率向上、衝撃設計	(1)設計コンセプト、CAD/CAM/CAE技術	革新的設計技術(材料モデリング)																	
	(2)評価・分析技術	2702	部材の常時モニタリング 効率的な非破壊検査	(2)ヘルスマニタリング・モニタリング技術、非破壊検査	部品評価・メンテナンス技術の開発(ヘルスマニタリング、非破壊検査の実現)																	
	(3)接合技術	2703	複合材の接合技術	(3)複合材の接合技術	接合・接着及び表面処理技術(複合材の接合)技術																	
	(4)標準化技術	2704	機能・性能・品質の標準化	(4)評価技術の規格標準化	炭素繊維機能・性能・品質の標準化																	
	(5)リサイクル	2705	リサイクル技術 リサイクルシステム	(5)リサイクル技術 ①インプラント部材の有効利用技術 ②リサイクル炭素繊維の分級と規格標準化 ③不連続繊維からのCFRP自動成形技術	繊維複合材のリサイクル技術の確立																	
	(6)炭素繊維製造省エネ化・生産性向上技術	2706	炭素繊維の量産化技術 炭素繊維の低環境負荷製造技術 炭素繊維の低コスト製造技術	(6)炭素繊維製造省エネ化・生産性向上技術 ①従来比10倍程度の生産性 ②従来比1/2以下の環境負荷 ③従来比1/2以下の価格	炭素繊維製造省エネ化・生産性向上技術(従来比10倍程度の生産性、従来比1/2以下の環境負荷、従来比1/2以下の価格)																	

重要技術

ファイバー分野の技術ロードマップ [炭素繊維・複合材料(建設)分野]

大項目	小項目	No.	ファイバーに求められる性能および機能	研究開発の方向性	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
建設	建築・土木構造材、資材	3101	軽量化、高強度、耐久性	高強度繊維の低コスト化 高強度繊維・マトリックス接着技術 高強度棒状繊維束または立体成形繊維織技術	革新的炭素繊維の開発(低コスト炭素繊維)					革新的炭素繊維量産化検討											
		3102	耐震性(ひび割れ、剥落防止対策)	高強度シートによる補強、強度アップ	接着性の良いコーティング樹脂またはサイジング剤																
		3103	高粘性	高粘性コンクリート	高強度織物シートの開発																

出典:平成23年度中小企業支援調査「サプライチェーンを見据えた高機能繊維およびその活用・加工技術の実態調査」においてリバイスした、『技術戦略マップ2010』の抜粋。

## 第2章 評価コメント

### 新規研究開発事業の創設の妥当性に対するコメント

#### ①政策的位置付けの妥当性について

- ・CFRPの利用が航空機産業から量産型産業に展開され、そのマーケットが確実視されており、その兆候は自動車産業に垣間見える。そのような状況において、CFRPの量産活用分野で後れを取っては、わが国産業の損失は明白であり、CFRPの量産活用マーケットを開拓する基盤技術を国家プロジェクトとして実施する必要性は高い。
- ・その場合、川中の技術力が決め手になるが、わが国の川中企業は中小企業が大半であり、開発創造性に欠け、開発に対応する時間的資金的余裕もない。この事情を考慮してコンソーシアム的な研究開発体制を築き、自由な発想を具体化できる体制を整備する必要がある。
- ・技術開発の目標としてまずは自動車パーツとなろうが、その他産業における応用の可能性を広く調査し、ユーザー産業のポテンシャルを高めることも必要である。

#### ○肯定的意見

- ・わが国のものづくり産業の基盤を堅守していくには、新素材の開発とその利用に関わる設計ならびに加工技術が必須であることは論を待たない。CFRPは“材料開発と量産化”の観点から、幸い我が国企業群が国際的に優位性かつ競争力を維持している。しかしその活用が従来は航空機産業に限定されてきたため、“CFRPの活用”の視点では米欧企業がわが国企業を凌駕している現状にある。
- ・今後の省エネルギー・環境調和の観点から、CFRPの利用が航空機産業から量産型産業に展開され、そのマーケットが確実視されていることは各種の予測から明らかで、既にその兆候は自動車産業に垣間見ることができる。
- ・そのような産業経済状況にあるにも拘わらず、わが国がCFRPの量産活用分野で後れを取っては、わが国産業の損失は明白である。
- ・かかる視点から、これまでも国家プロジェクトとしてCFRP活用の研究開発を実施してきたが、これらの成果に立脚して、CFRPの量産活用マーケットを開拓する基盤技術を国家プロジェクトとして継続していく必要性が高いと評価できる。
- ・その場合、自動車分野への応用が第一のカギになるが、他分野についても設計段階から見極め、設計に続く加工技術の開発とアSEMBリー技術の開発、それらの総合として価格バランス(素材コスト、加工コスト、製造時間、製造にかかるエネルギー、環境インパクト等)を考慮しておく必要がある。
- ・また、川中の技術力が決め手になるが、わが国の川中企業は中小企業が大半であり、技術はあるものの開発創造性に欠ける。また新たなものの開発に対応する時間的資金的余裕もない。この事情を考慮してコンソーシアム的な研究開発体制を築き、自由な発想を具体化できる体制を整備する必要がある。

#### ○問題点・改善すべき点

- ・加工技術開発の目標としてまずは自動車のパーツとなろうが、その他国内産業における複合材料の応用の可能性を広く調査し、ユーザー産業のポテンシャルを国内において高める必要

がある。

- ・成型加工技術に優れた中小企業の技術力を出口に則して結集し、サプライチェーンの構築も同時に進めるべきである。

#### 事業の目的及び実施によるアウトプット、アウトカムの妥当性に対するコメント

##### ②事業の目的及び実施によるアウトプット、アウトカムの妥当性について

- ・CFRPの量産活用に向けては、複雑形状でかつ高精度な部材の熱可塑性加工を実現できることが必須であり、このための加工プロセス開発等の実施がわが国には必須である。
- ・わが国が国際的にも優位性を持つ小型自動車分野では確実に成果が期待できるが、さらに大物の建築機械部材、小物の電気構造部材等への技術転用が容易に可能になり、他の量産産業への波及効果も極めて高いと予測でき、ひいてはわが国ものづくり産業の活性化・国際競争力の維持につながる。
- ・そのためには、他の産業製品部材に転用できる技術プロセスについても研究開発課題とし、周辺特許、周辺標準化についても検討し、総合的な技術の包囲を確立しなければならない。

##### ○肯定的意見

- ・先行のプロジェクトでは、熱硬化性加工方式から熱可塑性加工方式への材料工学的な転換が可能であることまでを実現してきている。しかし、CFRPの量産活用に向けては、複雑形状でかつ高精度な部材の熱可塑性加工を実現できることが必須であり、このための加工プロセスのシミュレーション開発等の後継プロジェクトの実施がわが国には必須である。
- ・幸いわが国が国際的にも優位性を持つ小型自動車分野で継続プロジェクトを実施すれば、確実に成果が期待できる。結果として今後20～30年間は依然として世界経済をリードするであろう自動車産業での優位性を確保できることになるし、併せて自動車の軽量化が低燃費、ひいては環境に調和した自動車をもたらすことに繋がる。
- ・自動車では、基台、アウターならびにインナーフレーム等の今日の金属製耐力構造部材を代替できる一体化CFRP部材としての実用が予測できている。たとえば基台の場合、今日、十数点部品の溶接にて構造化しているが、CFRPの熱可塑性加工により一体化できれば部品点数減よって工数の大幅縮減が可能になる。これらは100分代の精度で薄肉構造体でもあり、その成型には解決しなければならない技術が多い。逆にこれらの技術開発ができれば、耐荷重は高いが大物の建築機械部材、耐荷重はずっと小さいが小物の電気構造部材等への技術転用が容易に可能になる。
- ・このように他の量産産業への波及効果も極めて高いと予測でき、ひいてはわが国ものづくり産業の活性化・国際競争力の維持につながる。

##### ○問題点・改善すべき点

- ・開発技術は多くの経済効果、環境効果、波及効果をもたらすと期待できるが、その結果が他の産業製品部材に転用できる技術プロセスについても研究開発課題とするべきであり、他への応用に関わる成果の周辺特許、周辺標準化についても、プロジェクトの中核技術開発と併せて検討し、総合的な技術の包囲を確立しなければならない。

- ・欧州ではすでに自動車の複合材料化プロジェクトが走っており、かなり先行されている。特に一体成型を目的とした織編技術の開発(織機、編み機の針の素材研究も含めて)やブレーディング強度評価基準の設定、3次元ディスプレイを使った設計の可視化技術の開発、異種素材複合の問題点の照査等多くの問題点を具体的にブレークダウンし、それぞれの問題点を解決する複数のプロジェクトの担当を各企業・大学・公設試験場に割り振って、更にそれを統合するクラスター組織を複数立ち上げている。この観点から、新規プロジェクトが主として自動車用となることは現状からみると仕方がない。

### 事業の優先性に対するコメント

#### ③事業の優先性について

- ・先行プロジェクトの成果があり、それを基に新規プロジェクトを展開すれば、国際優位性を担保できる土壌は整っている。このことがCFRPの量産活用分野でわが国が国際特許、デファクトないしはコンセンサス標準を勝ち取り得ることにもなる。
- ・CFRPの量産化活用技術には、熱可塑性加工機械、それに関わる制御・電気技術、金型技術等多様な産業が関与して初めて実現できる。このことはわが国の中堅中小ものづくり企業の活性起爆剤になり得る。
- ・しかし、中堅中小企業は、CFRPの量産化技術に関わる周辺技術の開発は資金的余裕などから自前ではできない場合が多数であろう。中小企業庁プロジェクトとの連携を図り、総合的な開発の仕組みを構想する必要がある。

#### ○肯定的意見

- ・米欧や韓中においても類似の国家プロジェクトが創始されているが、わが国には前述した国家プロジェクトの成果があり、それを基に新規プロジェクトを展開すれば競争諸国に優位性を担保できる土壌は整っている。
- ・このことがCFRPの量産活用分野でわが国が国際特許、デファクトないしはコンセンサス標準を勝ち取り得ることにもなる。
- ・CFRPの量産化活用技術には、熱可塑性加工機械、それに関わる制御・電気技術、金型技術等多様な産業が関与して初めて実現できる。このことは我が国の中小ものづくり企業の活性起爆剤になり得る。
- ・とりわけ、開発技術が他の量産産業分野に波及すれば、地域の中小ものづくりの活性化、とりわけ被災地域産業の活性化を導くことができる。

#### ○問題点・改善すべき点

- ・中小企業は、CFRPの量産化技術に関わる周辺技術の開発は資金的余裕などから自前ではできない場合が多数であろう。中小企業庁プロジェクトとの連携を図り、総合的な開発の仕組みを構想する必要がある。

## 国が実施することの必要性に対するコメント

### ④国が実施することの必要性について

- ・新規プロジェクトの経済効果、波及効果が国家として看過できないものであり、是が非でも国がリードして実行しなければならない。

#### ○肯定的意見

- ・新規プロジェクトは今後の国内産業にとって意義のあるものである。欧米での進展からみると遅きに失した感もあるが、その経済効果、波及効果が国家として看過できないものであるため、是が非でも国がリードして実行しなければならない。

#### ○問題点・改善すべき点

- ・CFRPの量産化活用技術データは国家管理としてデータベース化し、別に定める利用規定によりわが国企業が優位性を担保できる工夫が必要である。

## 省内又は他省庁の事業との重複に対するコメント

### ⑤省内又は他省庁の事業との重複について

- ・中小企業庁プロジェクト、自治体プロジェクトとの関連性が調査できるとよい。
- ・実施時の中間評価、終了時のフォローアップ評価について予め念頭に入れてプロジェクトを組成すべきである。

#### ○肯定的意見

—

#### ○問題点・改善すべき点

- ・地域中小ものづくりとの連携・波及効果の観点からは中小企業庁プロジェクト、自治体プロジェクトとの関連性が調査できるとよい。
- ・提案プロジェクトが採択された時の、実施時の中間評価、終了時のフォローアップ評価について予め念頭に入れてプロジェクトを組成すべきである。

### 第3章 評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針

本研究開発事業に対する評価小委員会のコメント及びコメントに対する推進課の対処方針は、以下のとおり。

#### 【炭素繊維複合材料の革新的設計・加工技術の開発事業】

##### コメント

##### ①プログラム運営の具体性等について

- ・ ターゲットを加工メーカーに絞ったプログラムになっていることは評価できるが、新しい適用領域について加工業者とユーザー等との連携を進める必要があり、そのためには、製品毎に適用可能な加工技術を想定すると共に、他方で加工技術毎に要求スペックを整理する等、バラエティと相互連関をワンセットに整理した技術体系の検討が行えるところまでプログラムの内容を詰めておくことが必要。その際、公的資金に依存する領域はハイリスクと共通基盤に係る技術や、標準化・知財権の有効な保全、さらには企業内への実務的技術者の集積等に資する方途を追究すべきである。

##### ②結論

- ・ 加工技術等の内容を具体化し、それぞれの方法の特性を見極めて、加工業者、ユーザー等をどう組み合わせていくのかフォーメーションを検討し、その上で成果を社会に還元するためのプログラム化を図るべき。
- ・ このプログラムで扱う材料の特性評価や研究については、多様な内容となるため、このような基盤的なところを支えることは国の施策として有意であると考える。

##### 対処方針

##### ①プログラム運営の具体性等について

- ・ 輸送機器、産業機械、医療福祉機器、電気電子機器等の広範な分野への適用が可能となるよう、用途ごとに、求められる材料特性を発現し得る成形加工技術について、装置メーカー等関係業界の意見を踏まえつつ内容を検討する予定である。

##### ②結論

- ・ 既存の優れた技術や知見を有し、それを相互に補完できる素材、加工、装置、ユーザー企業、研究機関等からなる推進体制を構築し、それぞれの役割を明確にしつつ、開発を実施する予定である。

革新的新構造材料等技術開発  
 平成25年度概算要求額 60.5億円（新規）  
 【うち特別重点要求 53.0億円】

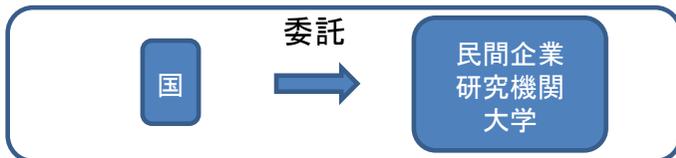
製造産業局  
 鉄鋼課製鉄企画室 03-3501-1733  
 非鉄金属課、ファインセラミックス・ナノテクノロジー  
 ・材料戦略室 03-3501-1794  
 繊維課 03-3501-0969

事業の内容

事業の概要・目的

- 我が国の製造業の高い競争力を支えるのは構造材を中心とする部素材です。一方、構造材は使用環境により多様な機能が要求されます。このため、使用環境等に応じて適切に合金組成・組織を制御する材料創製技術や、異種材料を接合する技術、それらの材料を構造部材として適用するための設計・加工・評価技術が重要です。
- 本プロジェクトでは軽量化が求められている輸送機器への適用を軸に、強度、延性、靱性、制震性、耐食性等の複数の機能を同時に向上した、革新鋼板、マグネシウム合金、チタン合金、炭素繊維複合材料等の高性能材料の開発、異種材料の接合・複層化技術の開発等を行います。そしてこれらの各種材料の特性を最大限活かした輸送機器を設計・開発し、軽量化による大幅燃費向上を実現します。

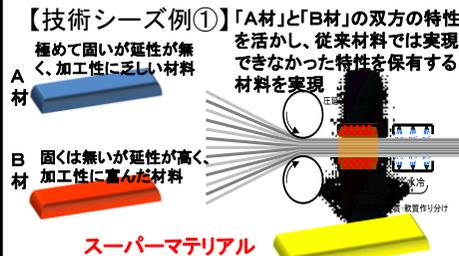
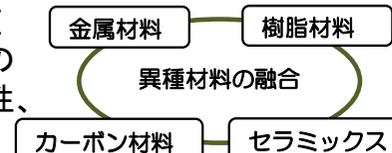
条件（対象者、対象行為、補助率等）



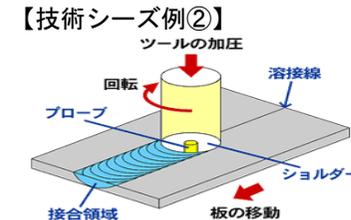
事業イメージ

異種複層化、異材接合技術

異種材料の融合（接合化、複合化、複層化）により、複数の機能を同時に向上（強度、延性、靱性、制震性、耐食性等）



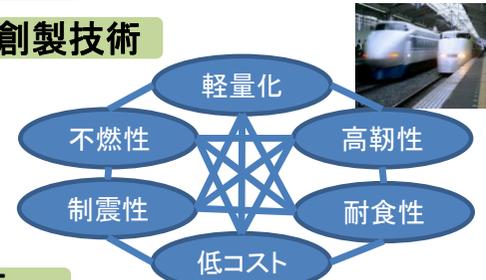
超高強度、超軽量と良加工性を併せ持つ『夢の金属材料』に！



マルチマテリアル化製品の高強度・軽量接合技術

新組成・新組織合金創製技術

新合金により、複数の機能を同時に向上（強度、延性、靱性、制震性、耐食性等）



新材料特性評価技術

異種材料による複層・複合化部材、接合部材等の評価手法の開発と標準化