

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^{※1}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^{※2}。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^{※3}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、CO₂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、CO₂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^{※8}。

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。