

# 「サステナブルハイパーコンポジット技術の開発」

## 中間評価報告書（案）概要

### 目 次

分科会委員名簿 .....	1
プロジェクト概要 .....	2
評価概要（案） .....	1 1
評点結果 .....	1 7

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会  
「サステナブルハイパーコンピュータ技術の開発」(中間評価)

分科会委員名簿

(平成22年8月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	すえます ひろし 末益 博志	上智大学 理工学部 機能創造理工学科 教授
分科会長 代理	やまぐち やすひろ 山口 泰弘	KYC-Japan 代表
委員	あおやま しんいち 青山 信一	株式会社 日刊自動車新聞社 編集局 論説委員
	おさだ ひろし 長田 洋	東京工業大学 大学院イノベーションマネジメント研究科 技術経営専攻 教授
	かたひら なつひこ 片平 奈津彦	トヨタ自動車 株式会社 車両生技部 車両開発推進室 主査
	けんもち きよし 剣持 潔	信州大学 繊維学部 創造工学系 機能機械学課程教育特任教授
	さとう ちあき 佐藤 千明	東京工業大学 精密工学研究所 先端材料部門 准教授

敬称略、五十音順

## プロジェクト概要

		最終更新日	平成 23 年 1 月 14 日
プログラム（又は 施策）名	エネルギーイノベーションプログラム／ナノテク・部材イノベーションプログラム		
プロジェクト名	サステナブルハイパーコンポジット技術の開発	プロジェクト番号	P08024
担当推進部/担当者	電子・材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 川上信之（平成 22 年 8 月現在） ナノテクノロジー・材料技術開発部 担当者氏名 山森義之（平成 20 年 6 月～平成 21 年 3 月）		
0. 事業の概要	<p>本事業では、成形性、加工性、リサイクル性が高く、自動車、産業機械等のより広い分野での利用が可能となる熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維複合材料を開発する。自動車等の軽量化により移動体における消費エネルギーの大幅削減をはかるとともに、循環型社会の構築および我が国の国際産業競争力の強化を目指す。</p> <p>炭素繊維複合材料の高強度を維持しつつ、優れた成形性、加工性、リサイクル性を達成するためには、基本となる材料からスタートし、その加工技術、さらにはリサイクル技術まで広く研究開発を進める必要がある。そこで本プロジェクトでは、容易に加工できる中間基材の開発、それらの成形技術の開発、各種部材の接合技術の開発、さらにリサイクル技術の 4 つの研究開発項目を重要技術と位置づけ、それぞれに取り組むことで技術の実用化を狙う。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>○事業の必要性</p> <p>炭素繊維は世界シェアの約 70%を日本企業で独占してきている素材である。先進材料である炭素繊維とプラスチックとを一体化した炭素繊維強化熱硬化性プラスチック（CFRP）はその超軽量性から燃費改善の希望が強い航空機業界で使用率が最も多い材料になった。炭素繊維材料は、アルミ材料に比べて、約 20%の重量軽減が達成できるとされているため、航空機の標準材料として地位を築きつつある。</p> <p>技術の現状を見てみると、材料強度ならびに軽量性に関しては、航空機へ採用されるほど、大きなポテンシャルを持っている。ただし、生産のサイクルタイム等に関しては、航空機の仕様となっており、また、金属のような均質材料でないことが設計の難易度を高くしている。軽量化効果の大きい本材料を金属材料の代替として、乗用車等に適用することができれば、今まで以上に燃費に優れた車の開発につながり、自動車産業を初めとする各種製造業での確固たる地位が築けるばかりでなく、環境立国日本としての地位もゆるぎないものとなる。金属材料特にスチールの代替えとなるためにも、従来の CFRP（CF/エポキシ）に匹敵する界面接着強度、低い線膨張係数を保持しながら、従来の CFRP の欠点であった高速成形性、易二次加工性、リペア・リサイクル性を備えた革新的な炭素繊維強化熱可塑性プラスチック（CFRTP）を開発すると共に、自動車部材開発に必要な材料特性を明確にすることが必要である。</p> <p>○位置付け</p> <p>本事業は技術戦略マップ上で下記のように位置付けられる。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 部材分野の技術マップ「環境・エネルギー分野」の「産業機器用部材による省エネルギー・CO2削減用部材（軽量化・高強度化用部材）」</li> <li>2) 「省エネルギー技術戦略 2007」における「先進交通社会確立技術」のうち「先進自動車の開発」、「安全性を確保した車体の軽量化」</li> </ol>		

## II. 研究開発マネジメントについて

### 事業の目標

#### ①易加工性CFRTP中間基材の開発

熱可塑性樹脂との接着性と繊維の分散性や含浸工程通過性を両立する炭素繊維の表面処理技術並びに炭素繊維への含浸性と物性を両立する熱可塑性樹脂並びに生産性及び部材への加工性に優れた等方性CFRTP中間基材と一方向性CFRTP中間基材を開発する。

##### (1) 等方性CFRTP中間基材

###### 【中間目標】

等方性CFRTP中間基材（不連続繊維）から得られる平板において、任意の面内方向で矩形状の試験片を切り出した時、試験片の曲げ強度がどの方向でも250MPa（比強度 $(\sqrt{\sigma/\rho})$ で鋼材の約5倍）以上となり、曲げ強度の方向による変動係数が10%以内となる材料を開発する。

###### 【最終目標】

等方性CFRTP中間基材（不連続繊維）から得られる平板において、任意の面内方向で矩形状の試験片を切り出した時、試験片の曲げ強度がどの方向でも400MPa（比強度 $(\sqrt{\sigma/\rho})$ で鋼材の約6倍）以上となり、曲げ強度の方向による変動係数が5%以内となる材料を開発する。

##### (2) 一方向性CFRTP中間基材

###### 【中間目標】

CFRTPプリプレグシートから得られる一方向強化材において、繊維直角方向の曲げ強度100MPa以上、繊維方向の曲げ強度1400MPa（比強度 $(\sqrt{\sigma/\rho})$ で鋼材の約9倍）以上、繊維方向曲げ破断ひずみ1.0%以上の材料を開発する。

###### 【最終目標】

CFRTPプリプレグシートから得られる一方向強化材において、繊維直角方向の曲げ強度110MPa以上、繊維方向の曲げ強度1600MPa（比強度 $(\sqrt{\sigma/\rho})$ で鋼材の約10倍）以上、繊維方向曲げ破断ひずみ1.3%以上の材料を開発する。

#### ②易加工性CFRTPの成形技術の開発

研究開発項目①で開発されるCFRTP中間基材を用いた高速成形加工技術として、高速スタンピング成形技術と高速内圧成形技術を開発する。

##### (1) CFRTP中間基材の高速スタンピング成形技術の開発

###### 【中間目標】

研究開発項目①で開発される等方性CFRTP中間基材及び一方向性CFRTP中間基材（チョップドテープ・クロス等）を用い、それぞれを単体で用いる場合と複合して用いる場合について、用途に適合した高速スタンピング成形に必要な要素技術を見極める。

###### 【最終目標】

研究開発項目①で開発される等方性CFRTP中間基材及び一方向性CFRTP中間基材（チョップドテープ・クロス等）を用い、それぞれを単体で用いる場合と複合して用いる場合について、高速スタンピング成形により、それぞれのCFRTP中間基材の力学特性を保持した部材を成形する技術を確立する。

##### (2) CFRTP中間基材の高速内圧成形技術の開発

###### 【中間目標】

研究開発項目①で開発される一方向性CFRTP中間基材のうちのブレード（三次元織物）を用い、用途に適合した高速内圧成形に必要な要素技術を見極める。

###### 【最終目標】

研究開発項目①で開発される一方向性CFRTP中間基材のうちのブレード（三次元織物）を用い、高速内圧成形により、当該CFRTP中間基材の力学特性を保持した部材を成形する技術を確立する。

#### ③易加工性CFRTPの接合技術の開発

研究開発項目①②を通して開発される各種CFRTP部材に対して、各種溶着等による高速接合方法の適合性を検討し、十分な接合強度を有する接合方法を開発する。

###### 【中間目標】

研究開発項目①②を通して開発される各種CFRTP部材に対し、参照強度の75%以上の接合強度を発現する接合方法を開発する。（ここで、参照強度とは、研究開発項目①で開発される一方向CFRTP中間基材の繊維直角方向の引っ張り強度を指す。）

###### 【最終目標】

研究開発項目①②を通して開発される各種CFRTP部材に対し、参照強度の90%以上の接合強度

を発現する接合方法を開発する。（ここで、参照強度とは、研究開発項目①で開発される一方方向CFRTP中間基材の繊維直角方向の引っ張り強度を指す。）

**④易加工性CFRTPのリサイクル技術の開発**

研究開発項目①②③を通して開発される各種CFRTP部材に対し、リサイクル性（リサイクル後の性能保持率、リサイクル可能回数）を向上させる技術を開発するとともに、リペア技術を開発する。また、これらの開発技術に関する環境影響評価（LCA）を実施して、開発技術が各種製品に使用された場合のライフサイクルでの環境負荷低減への貢献度を定量化する。

（1）CFRTP部材のリサイクル技術の開発

【中間目標】

研究開発項目①②③を通して開発される各種CFRTP部材に対し、3回のリサイクルの後に参照強度の75%以上を保持するリサイクルプロセスに必要な要素技術を見極める。（ここで、参照強度とは、バージン原材料を使用したときの曲げ強度を指す。）

【最終目標】

研究開発項目①②③を通して開発される各種CFRTP部材に対し、3回のリサイクルの後に参照強度の90%以上を保持する技術を開発する。また、この開発技術に関する環境影響評価（LCA）を実施して、開発技術が各種製品に使用された場合のライフサイクルでの環境負荷低減への貢献度を定量化する。

（2）CFRTP部材のリペア技術の開発

【中間目標】

研究開発項目①で開発される等方性CFRTP中間基材によるCFRTP部材に対し、損傷後にリペアを行うことで、損傷前の曲げ強度の75%以上まで回復するリペア手法の絞り込みとリペアプロセスに必要な要素技術を見極める。

【最終目標】

研究開発項目①で開発される等方性CFRTP中間基材によるCFRTP部材に対し、損傷後にリペアを行うことで、損傷前の曲げ強度の90%以上まで回復するリペア技術を開発する。また、この開発技術に関する環境影響評価（LCA）を実施して、開発技術が各種製品に使用された場合のライフサイクルでの環境負荷低減への貢献度を定量化する。

**⑤易加工性自動車用モジュール構造部材の開発**

研究開発項目①の研究開発のうち、特に不連続繊維を使うことで複雑形状への適応性を高くした等方性CFRTP中間基材を用い、研究開発項目②で開発される高速成形技術により高強度かつ高精度なCFRTP部材の成形技術の開発を行う。さらに、研究開発項目③で開発した高速接合技術により本モジュールを開発する。最後に、研究開発項目④で開発した技術を用いてリサイクル性とリペア性の評価を行う。

【最終目標】

研究開発項目①②③④で開発した技術を用い、不連続繊維を使った等方性CFRTP中間基材を使用した革新的軽量モジュールの成形技術を開発し、その自動車部材等への適用性を検証する。

**⑥易加工性自動車一次構造材用閉断面構造部材の開発**

研究開発項目①の研究開発のうち特に一方方向性CFRTP中間基材を用い、研究開発項目②③④で開発される関連技術を用いて閉断面構造のモデル部材を試作することにより、優れた生産性を有するとともに、軽量化効果の高い自動車一次構造材技術であることを実証する。同時に、最終実用化のための技術課題の抽出、課題解決のための方策検討を実施する。

【最終目標】

研究開発項目①②③④で開発した技術を用い、閉断面形状を有する自動車一次構造材のモデル部材を得て、得られたモデル部材の自動車一次構造部材への適用性を検証する。

事業の計画内容	主な実施事項	H 2 0 fy	H 2 1 fy	H 2 2 fy	H 2 3 fy	H 2 4 fy	
	①易加工性CFRTP中間基材の開発						→
	②易加工性CFRTPの成形技術の開発						→

	③易加工性CFRTPの接合技術の開発							
	④易加工性CFRTPのリサイクル技術の開発							
	⑤易加工性自動車用モジュール構造部材の開発							
	⑥易加工性自動車一次構造材用閉断面構造部材の開発							
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	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	総額	
	一般会計	0	0	0				
	特別会計(需給)	316	1995	600			2911	
	加速予算(成果普及費を含む)							
	総予算額	316	1898	600			2911	
	(委託)	229	1694	604				
	(助成): 助成率1/2	81	164	62				
開発体制	経産省担当原課	製造産業局繊維課						
	プロジェクトリーダー	東京大学大学院工学系研究科 教授 高橋淳(平成21年9月より) (前任者: 東京大学大学院工学系研究科 教授 影山和郎) (サブリーダー: 東京大学大学院工学系研究科 准教授 鶴沢潔)						
	委託先(*委託先が管理法人の場合は参加企業数および参加企業名も記載)	委託先: 東京大学(集中研)、三菱レイヨン(株)、東洋紡績(株)、東レ(株)、(株)タカギセイコー 共同研究先: 山形大学、東北大学、静岡大学、富山大学、京都工芸繊維大学 助成先: 三菱レイヨン(株)、東洋紡績(株)、東レ(株)						
情勢変化への対応	進捗状況や技術推進委員会等の結果をふまえ、研究成果の適用用途の拡大及び早期の技術実用化をはかるべく、実用、量産レベルの設備を活用した高度な研究開発を加速させ推進している。							
評価に関する事項	事前評価	平成20年度実施 担当部 ナノテクノロジー・材料技術開発部						
	中間評価	平成22年度 中間評価実施予定						
	事後評価	平成25年度 事後評価実施予定						

○研究開発項目毎の目標と目標に対する成果

研究開発項目		評価項目と目標値	目標		成果	達成度
			中間目標	最終目標		
①-1	等方性CFRTP中間基材	曲げ強度	250MPa	400MPa	360MPa	◎
		等方性(変動係数)	10%以下	5%以下	中間目標達成見込み	○
①-2	一方向性CFRTP中間基材	繊維方向曲げ強度	1400MPa	1600MPa	PP系: 893MPa PA系: 1350MPa	○
		繊維直角方向曲げ強度	100MPa	110MPa	PP系: 59MPa PA系: 105MPa	◎
		繊維方向曲げ破断ひずみ	1.0%以上	1.3%以上	PP系: 0.87% PA系: 1.28%	◎
②-1-1	等方性CFRTP中間基材の高速スタンピング成形技術	成形時間(型占有時間)	2分以内	90秒以内	2分以内	◎
②-1-1	一方向性CFRTP中間基材の高速スタンピング成形技術	成形時間(型占有時間)	要素技術見極め	2分以内	2分以内	◎
②-2	一方向性CFRTP中間基材の高速内圧成形技術	成形時間(型占有時間)	要素技術見極め	7分以内	要素技術見極め	○
③-1	CFRTP同士の接合技術	接合強度の参照強度に対する割合	75%	90%	基本特性評価	○
③-2	CFRTPと異材の接合技術		課題見極め		課題見極め	○
④-1	CFRTP部材のリサイクル技術	3回リサイクル後曲げ強度の参照強度に対する割合	75%	90%	方針見極め	○
④-2	CFRTP部材のリペア技術	リペア後曲げ強度の参照強度に対する割合	基本特性評価	75%	基本特性評価	○

Ⅲ. 研究開発成果について

○事業全体の総括と今後の課題

全ての研究開発項目において基本的な特性を把握することによる課題の見極めと対策案検討が視野に入っており、最終目標に向けての見通しを得ている状況にある。今後の課題は以下の通りである。

研究開発項目	今後の課題(最終目標へ向けた取り組み)
①-1	性能の極限を追求し、適用部材の拡大による自動車へのさらなる軽量化を目指す。
①-2	PA系材料の最適化で物性目標を達成し、同時にPP系での限界性能を見極める。
②-1-1	成形中の基材の流動を予測する成形シミュレーション技術を駆使し、成形プロセスの最適設計を検討する。
②-1-1	モデル部材に適した基材構成、プリフォーム方法、プレヒート方法を確立し、一方向性基材を用いた複雑形状の基本成形技術を構築する。
②-2	導入した成形システムを用いて高速内圧成形の基本技術を構築し、複雑形状への適用を検討する。
③-1	接合部高強度化の検討と、実用性を考慮した溶着方法の比較検討を行う。
③-2	接合面の電蝕の影響を明らかにし、対策を検討する。
④-1	リサイクル材による成形品の特性評価を実施し、性能の見極めと対策を検討する。
④-2	実用性の高いリペア技術を確立し、信頼性評価を行う。

論文、学会発表	「査読付き」16件、「その他」45件
特許	「出願済」16件、「登録」0件、「実施」0件(うち国際出願1件)
その他の外部発表(プレス発表等)	「展示会」2件、「新聞等」2件

Ⅳ. 実用化、事業化の見通しについて

本プロジェクトでは革新的材料における基盤技術の確立を目的とし、材料の基本的な力学特性や成形速度に関して要求性能を満足する目標設定を行った。現時点までの取り組みの結果、材料技術と成形技術、および、接合技術、リサイクル技術のいずれの研究開発項目においてもその最終目標の達成見通しを得ることができた。

開発した材料は熱可塑性CFRPと同等の性能が見込めるため、鉄鋼材料はもちろん、アルミニウムやマグネシウムなどの競合材料に比較して、比剛性・比強度をはるかに上回る。さらに熱可塑性CFRPで問題となる生産性についても量産が視野に入るレベルにある。接合技術、リサイクル技術に関しても、従来技術に比べ生産性、環境性能、経済効果の点において優れる性能が期待できる。以上のことから、本技術は産業用材料として十分に適用可能と考えられる。

	<p>自動車用構造材としての実用化に関しても、適用する部材によって求められる特性が異なる（モジュール構造部材および一次構造材用閉断面構造部材）ことをあらかじめ見越し、それぞれに適切な材料の開発を進めてきた。これまでに、モジュール構造部材に適した等方性CFRTP、一次構造材に適した一方方向性CFRTPのそれぞれにおいて、実用化に向けた検討を開始している。今後は、以下の課題に取り組みつつ事業化検討を進めていく。</p> <p>(1) モジュール構造部材 モジュール構造部材としては、エンジンモジュールやドアインナーモジュールへの適用を狙う。ここでの課題は複雑な形状の加工であり、具体的には必要な強度や剛性、均質性を損なうことのない材料設計技術と成形技術の確立である。まず、大きな荷重がかからないドアインナーパネルやフロントエンドモジュールなどから性能試験を開始し、それを基に事業化検討を開始する。その後、より高精度が求められるフード、ルーフ、シートバック等に適用を拡大していく。成形部品の複雑化とそれに相反する高精度化の両立を図り、最終的にはフェンダーサポートやダッシュボード等、より複雑でかつ耐熱性も要求される部材に適用範囲を広げていく。</p> <p>(2) 一次構造材用閉断面構造部材 一次構造材は、自動車が受ける荷重対し構造体を支えるという安全上の極めて重要な役目を負う部材である。モジュール構造部材より更なる高強度・高剛性・高耐久性が求められることから、第一の課題は適用可能な部材を見極めることである。具体的には、実部材を作製し実証試験を行うことで種々の適用箇所に対し適合性の検証を進めていく。適用部材を見極めた後、本格的に事業化の検討に進む方針である。事業化検討に際しては、まず部材に伝達される荷重が予測可能な箇所から適用を開始する。具体的にはサイドシルやクロスメンバなどを考えている。次に、衝突吸収性という高い信頼性が求められる部材、ピラーやサイドフレームに適用を拡大していき、最後に、重要保安部品や合理的に設計され一体成形が必要な部材へと適用範囲を広げていく。</p> <p>以上のようにそれぞれの部材毎に順次実用化の検討を進め、2015年頃から適用を開始、2018年頃には自動車構造ボディにほぼ全て適用できるレベルの技術を確立する計画である。適用車種拡大のための汎用化、低コスト化も検討し、さらなる普及拡大に取り組んでいく。</p>	
<p>V. 基本計画に関する事項</p>	<p>作成時期</p>	<p>平成 20 年 3 月 作成</p>
	<p>変更履歴</p>	<p>平成 20 年 6 月 改訂（プロジェクトリーダー決定による改訂）  平成 20 年 7 月 改訂（イノベーションプログラム基本計画の制定による改訂）  平成 21 年 9 月 改訂（PL 交代及び共同実施先追加に伴う改訂）  平成 22 年 7 月 改訂（共同実施先変更に伴う改訂）</p>



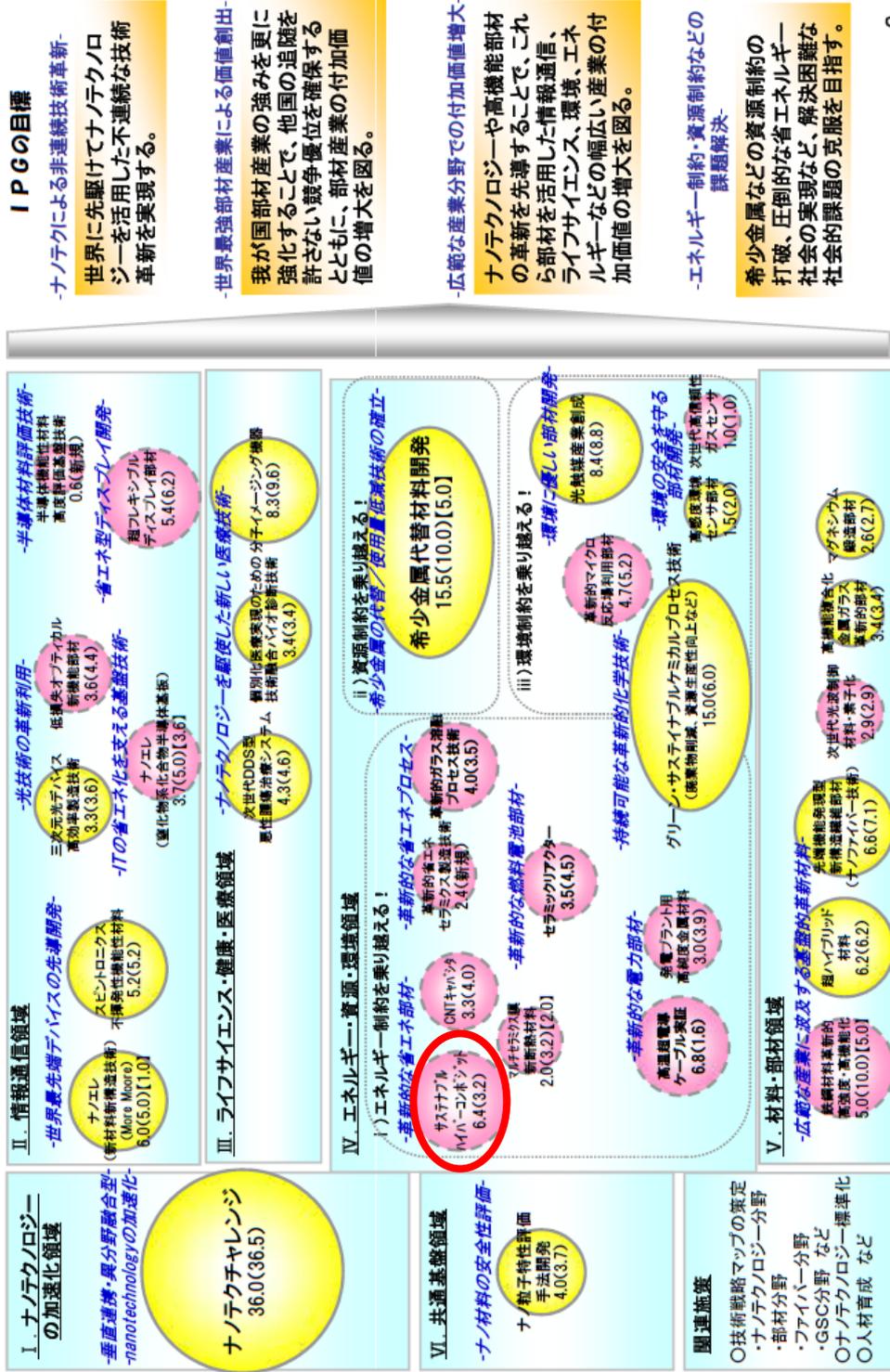
## 2. ナノテク・部材イノベーションプログラム

【平成21年度予算額：188億円】

※各プロジェクト毎の予算額は21年度予算(20年度補正予算)

特別会計  
一般会計

- あらゆる分野に対して高度化・不連続な革新をもたらすナノテクノロジー・革新的部材技術の確立する。
- 我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服を可能とする。



**IPGの目標**

- ナノテクによる非連続技術革新-  
世界に先駆けてナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を実現する。

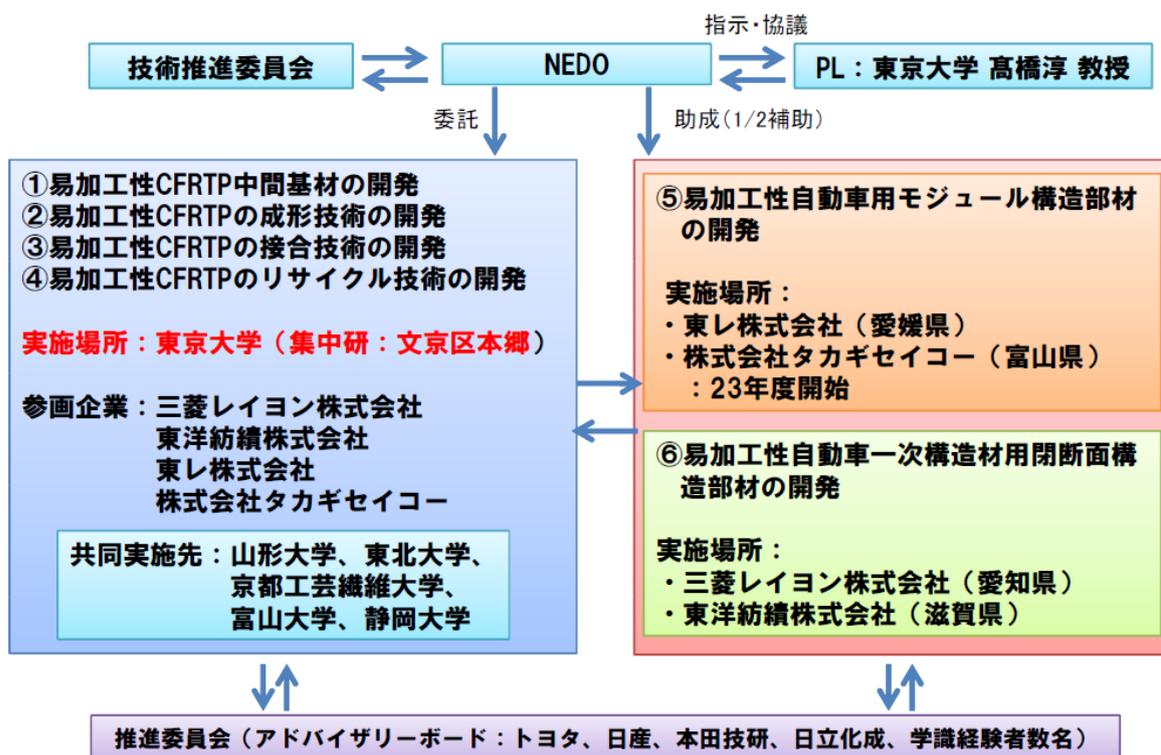
- 世界最強部材産業による価値創出-  
我が国部材産業の強みを更に強化することで、他国の追随を許さない競争優位を確保するとともに、部材産業の付加価値の増大を図る。

- 広範な産業分野での付加価値増大-  
ナノテクノロジーや高機能部材の革新を先導することで、これら部材を活用した情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの幅広い産業の付加価値の増大を図る。

- エネルギー制約・資源制約などの課題解決-  
希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギーの実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

# 「サステナブルハイパーコンポジット技術の開発」

## 全体の研究開発実施体制



# 「サステナブルハイパーコンポジット技術の開発」（中間評価）

## 評価概要（案）

### 1. 総論

#### 1) 総合評価

我が国の強みである炭素繊維の軽量・高強度と、マトリックス樹脂である熱可塑性樹脂の易加工性・リサイクル性を活用して自動車用コンポジット部材を開発することにより、車体重量の軽量化を通して CO<sub>2</sub> 排出削減・省エネルギーを図る事業であり、NEDO の事業として妥当である。個々の要素技術の開発は、実施者の非常な努力により、初期目標に向かって着実に進められている。特に、炭素繊維と熱可塑性樹脂の界面の改質により樹脂特性の良さをうまく引き出しており、実際の製品に適用できる技術が育ちつつあると判断する。

一方、自動車用部材にとって重要なコストを十分に意識して、低コスト材料の開発や低価格設備、あるいは更なる生産性の向上に取り組む必要もある。また、大型設備の導入で、実用・量産レベルでの開発が可能となっているので、ユーザーニーズを早期に確認して欲しい。

技術成果は自動車に限らず広い分野で有用で、その応用へのニーズは小さくなく、成果を前倒しで広く普及させることも考えてほしい。

#### 2) 今後に対する提言

本プロジェクトで開発されている炭素繊維強化熱可塑性プラスチック（CFRTP）の性能発現理由等について、物理的基本に立った議論を行い、CFRTP の欠点も十分に整理した上で、無駄のない研究開発を進めて欲しい。さらに、本材料の長所短所を正しく理解したうえで、適材適所の生産・設計方法を示して欲しい。このためにも複合材料の力学的・機能的・経時的特性をきちんと判断できる人材の知識・経験・助言を的確に聴取できる体制を作ることが肝要である。

特に、経時特性(疲労・クリープ・腐食)や(温度・湿度等の)環境と材料特性の関係を明確にすることが、必須な課題である。さらに、この革新 CFRTP 材料が産業界に認知されるには、材料データの収集・材料規格化・評価法統一などの標準化が必須である。国家的取り組みにより世界に発信できる標準化を期待する。

ものづくりの技術の多くは、CFRTP そのものと製造設備に集約されるので、設備メーカーの参加もあった方がよい。

近い将来、材料・構造体の機能や性能の検証に加え、LCA (Life Cycle Assessment) 評価が重要になると考えられる。本研究開発はその先駆けとなって欲しい。

## 2. 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

我が国の強みである炭素繊維の軽量・高強度と熱可塑性樹脂の易加工性・リサイクル性を活用して環境負荷低減・省エネルギーを図る事業であり、エネルギーイノベーションプログラム及びナノテク・部材イノベーションプログラムの目標達成への寄与は大きい。その複合材料（コンポジット）の開発による構造物の軽量化の技術は、自動車に加え、様々な分野でエネルギー節約の手段となるだけでなく、各種機械の性能向上へ資することになり、我が国の工業技術の基盤強化に結び付くことになる。また、CO<sub>2</sub>削減のみならず我が国産業の国際競争力の底上げに結びつき、有用な技術の発展に寄与すると考えられる。特に、NEDO が関与することで、産学の連携を図り技術開発を強力に促進し、自動車用途の事業として成立させることは、省エネ及び我が国の競争力確保の観点から妥当である。

### 2) 研究開発マネジメントについて

個々の要素技術の開発に関しては、それぞれの担当者が責任を持って実行し、開発計画はこれまでのところ順調に進んでいる。事業化のために必要な要素技術を設定し、その開発のための装置を購入し、装置を生かして開発技術の修得に努めていると判断できる。また、一部の車両に留まらず、広く一般の車両に複合材料部品を適用し、省エネに明確に貢献するため、その複合材料部品の生産時間を1~2分とし、かつリサイクルまで考慮した目標設定は時期を得ており妥当である。

しかし、量産車での30%の軽量化という開発目標については、現在の量産車のどのような鉄鋼部材がどのようにCFRTPに置き換えられた場合に達成できるか具体的な条件が示されていない。すなわち、開発目標が炭素繊維強化熱硬化性プラスチックの性能比較からの性能要求のように見え、自動車の複合材構造を作る場合に必要な性能要求から示された数字でないと考えられる。個々の要素技術に基づいて、部位ごとに置き換えられた時の軽量化率を定量的に示すと同時に、CFRTPで置き換える場合の必須条件を具体的に示して欲しい。熱可塑性樹脂の弾性率の低さを克服することも必要な課題であるが、樹脂の延性という長所を生かした設計も可能であり、最終部材に要求される特性を吟味した性能要求を作成すべきである。最終的な目標は自動車部品への適用であり、事

業化の目標時期も前倒しされているところから、目標値にはコストを十分に意識すべきである。そのコストをブレークダウンすることで、目標とする素材費、設備費、製造サイクルタイムが決まる。また、極めて重要な耐久試験については、莫大な時間と経費が必要であることを再認識すべきである。

今後の実用化に当たっては、材料の複雑さから、さまざまな問題が発生すると考えられる。その問題の整理・解決に当たっては、実施者の陣容が若干手薄な感じが否めない。また、開発用の製造設備の多くが海外製である。ものづくりの技術の多くは、複合材料部材そのものと製造設備に集約されるので、設備メーカーの参加もあった方がよい。さらに、本プロジェクトの客観的評価の一つ、また計画の前倒しや見直しの必要性を判断する指標の一つとして、この分野で先行していた海外の開発状況をベンチマークすることで、本プロジェクトの更なるレベルアップを図って欲しい。

### 3) 研究開発成果について

個々の要素技術、特に研究の中心である短繊維及び一方向プリプレグ材の成形技術の開発は順調に進んでいる。また、ほとんどの実施項目において既に中間目標を達成しており、未達項目においても課題解決の方針が明確で年度末達成の見込みが大きい。中間基材及びその高速成形技術の開発成果は既に世界最高水準にあり、且つ汎用性があるので自動車部材以外への適用も期待できるなど、成果の意義が大きい。

一方、複合材料部材の特性データに関する目標達成度の検証には、必要なサンプル数も確保し、統計的な検証を行うべきである。

導入された大型成形装置には外国製が多くみられる。今後、成形条件の最適化等のため設備の改修・付加などでノウハウ情報が装置メーカーに流れないよう秘密保持契約などの配慮が望まれる。中間基材については、秘密保持等に配慮した上で、積極的にサンプル提供を進め、アプリケーション開発の促進につなげて欲しい。また、新しい複合材が持続可能な社会に適した材料となるか否かを検証するためには、新たな試験方法やLCA基準を提案することも重要であろう。

### 4) 実用化、事業化の見通しについて

産業界は、高速成形可能な高性能複合材料に高い期待を寄せている。特に本開発課題は、自動車産業の市場やニーズに合致するものであり、実用化の暁には、急速な普及が期待できる。また、他分野への波及効果も大きいと考えられる。

しかし、事業化までのシナリオは定性的であり、具体的コストの提示は困難

と考えるが、コストに関しての具体的な説明を十分に行うべきであった。また、熱硬化性樹脂での複合材料との比較だけでなく、鉄鋼材料、アルミ材料など金属材料とも競合するので金属材料まで含んだ形で比較分析を行い、本開発材料がこれらに対し、競争優位になることを示すべきである。

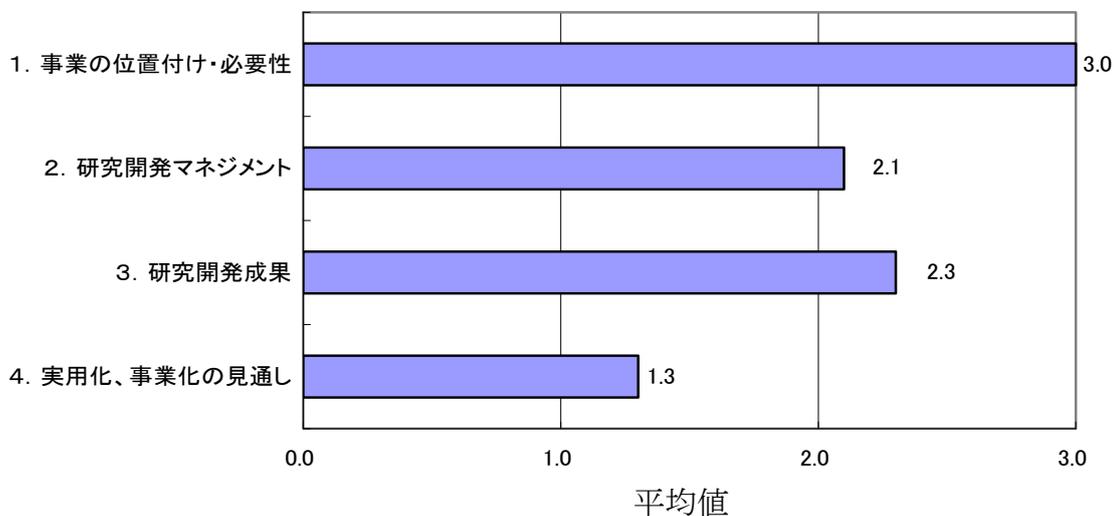
今後、実用化に向けた材料評価を十分に実施すべきである。材料特性のばらつきや耐久性など、自動車メーカーが要求する項目は多岐にわたる。これらのデータを十分に提供できるか否かが、実用化のために極めて重要である。この他、接合技術、リサイクル技術及びリペア技術の提供も必須であるので、この開発課題も加速して実施すべきである。また、現状で得られている性能及び技術を用いて何が可能なのかを考える時期になっている。次の段階の実用化に向けた性能やコストを構造・部材として要求される特性から割り出し、開発を遅滞なく進めてほしい。

## 個別テーマに関する評価

	成果に関する評価、実用化の見通しに関する評価、今後に対する提言
<p>等方性 CFRTP 中間 基材関連</p> <p>①易加工性 CFRTP 中間基材の開発</p> <p>②易加工性 CFRTP の成形技術の開発</p> <p>⑤易加工性自動車用 モジュール構造部 材の開発</p>	<p>曲げ強度などの材料性能は、中間目標値を上回っていると判断できる。成形時間は、型占有時間で目標設定値を上回る結果を得ている。構造部材の仕上げ状況は良好で実製品への適用が期待できる。</p> <p>一方、実用化を加速するには具体的体制整備も含めた検討が必要である。例えば、自動車メーカーや部品メーカーなどへのサンプル提供を進める上で、知的所有権保護・守秘契約・成果の取り扱い方針などを含む積極的な仕組みづくりが求められる。また、事業化の観点からは、コストを常に意識すべきである。そのコストに基づいて、目標とする素材費、設備費、製造サイクルタイムが決まる。さらに、経年性能の具体的な評価がほとんどなされていない点も問題である。</p> <p>今後、本材料を用いた部材の応用に対する検討を各メーカーで進めていくために、本部材の基本的成形特性のデータベース化をぜひ進めて欲しい。また、部材の目標値を曲げ強度特性だけではなく、引張り・圧縮・せん断といった基本的な特性を含めて切り欠き部強度、衝撃後圧縮特性や破壊靱性値についても従来材・構造との比較を含めるべきである。</p>
<p>一方向性 CFRTP 中 間基材関連</p> <p>①易加工性 CFRTP 中間基材の開発</p> <p>②易加工性 CFRTP の成形技術の開発</p> <p>⑥易加工性自動車一 次構造材用閉断面 構造部材の開発</p>	<p>等方性中間基材関連と同様、材料特性及び成形時間は、中間目標値を上回っていると判断できる。構造部材は複雑な形状でも仕上げの状態等がかなり良好で、実製品への適用が期待できる。</p> <p>しかし、等方性中間基材関連と同じく、実用化を加速するには具体的体制整備に関する検討が必要であり、事業化の観点からは、コストを常に意識すべきである。経年性能の具体的な評価がほとんどなされていない点も問題である。</p> <p>今後、熱可塑樹脂の基本特性と複合材料性能の発現との関係をきちんと整理することが必要である。また、等方性中間基材関連と同様、本部材の基本成形特性のデータベース化をぜひ進めて欲しい。また、引張り・圧縮・せん断といった基本的な特性を含めて切り欠き部強度、衝撃後圧縮特性や破壊靱性値について従来材・構造との比較を含めるべきである。</p>

<p>③易加工性 CF RTP の接合技術の開発</p>	<p>CF RTP 同士の接合技術については、開発された革新的な溶着接合により、再加熱によるアニール効果が含まれるものと考えるが、中間目標値を達成済みである。また、自動車部品の組み立て・製造を考える場合、さまざまな接合・結合方法をとることが考えられる。異材との接合技術については、今年度から検討が開始された段階であるが、電食・界面改質などの課題も把握しており、今後の進展が期待される。</p> <p>一方、機械接合等に関しても克服されなければならない課題は少なくない。接合技術の開発は、重要な課題であるにも関わらず、最終年まで期間が短く、十分な研究開発が実施できるか不安が残る。特に、耐久性試験には多大な時間と費用が必要なので、計画を前倒しでも実施すべきであろう。</p> <p>今後、熱可塑複合材料を用いることによる長所と問題点とをきちんと整理し、適材適所の接合方法を示し、優先順位をつけて遅滞ないように研究を進めて欲しい。</p>
<p>④易加工性 CF RTP のリサイクル技術の 開発</p>	<p>3 回のリサイクルを想定してクラッシュと粉砕を繰り返して作製された平板材の曲げ強さは、中間目標値としてフレッシュ材の 75%以上、最終目標値として 90%以上に設定されているが、ほぼ達成の見通しが得られている。また、リサイクル材、リペア材の LCA 評価を加え、実用化の方針見極めを行っている点が評価できる。</p> <p>一方、リサイクル材の特性を曲げ強度以外の層間破壊靱性など樹脂依存の特性について評価することも必要であろう。また、自動車部品として 5~10 年使用された場合の樹脂の経年変化、劣化等については、十分に考慮されていない。第一次のリサイクル (5~10 年) までに樹脂の低分子化が進んでいると、リサイクル材をクラッシュし、マーブルにして押し出し成形にかける際、バージン材の場合より数倍高い熱と数十倍の圧力が必要で LCA 的には不利となる報告もある。キセノンウェザーメーター等による促進劣化試験においては、強度低下ばかりでなく成形性の検討を加えるべきと考える。</p> <p>今後、車体の解体プロセスにおける FRP 部材の回収方法について検討することが必要である。</p>

## 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	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	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.1	B	A	A	B	C	B	B	B
3. 研究開発成果について	2.3	B	B	A	B	B	B	B	A
4. 実用化、事業化の見通しについて	1.3	C	B	B	C	C	C	C	C

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

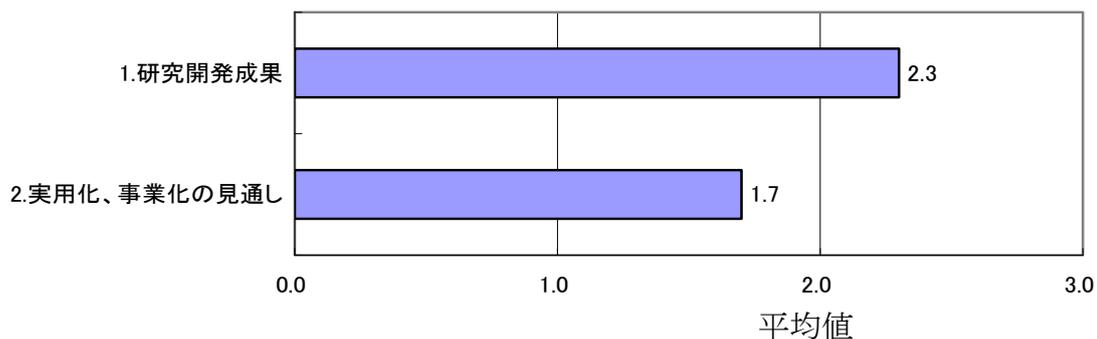
### 〈判定基準〉

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. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

## 評点結果〔個別テーマ〕

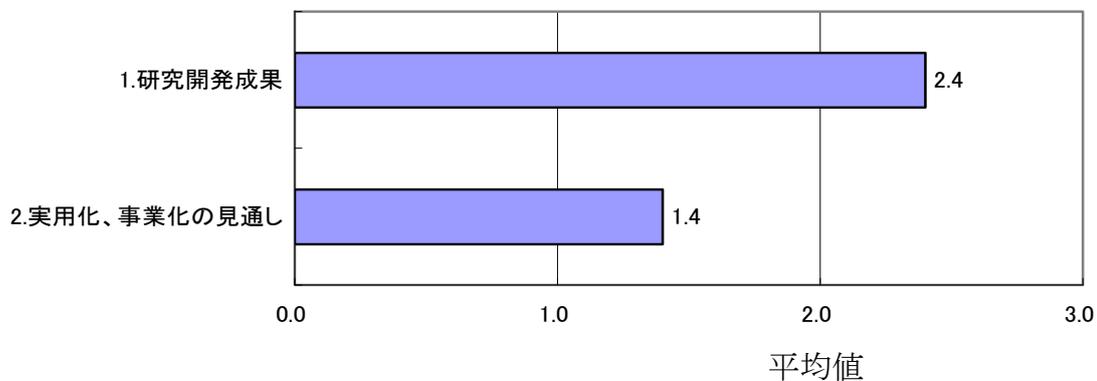
### 等方性 CFRTP 中間基材関連

- ①易加工性 CFRTP 中間基材の開発
- ②易加工性 CFRTP の成形技術の開発
- ⑤易加工性自動車用モジュール構造部材の開発

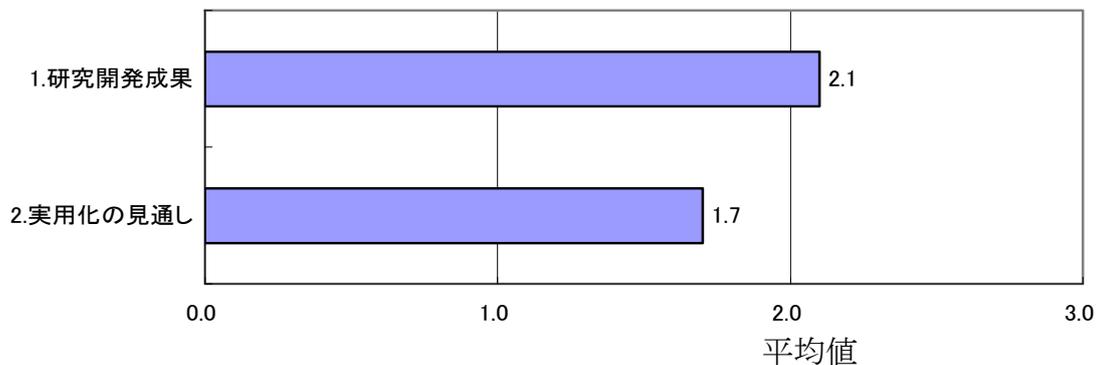


### 一方向性 CFRTP 中間基材関連

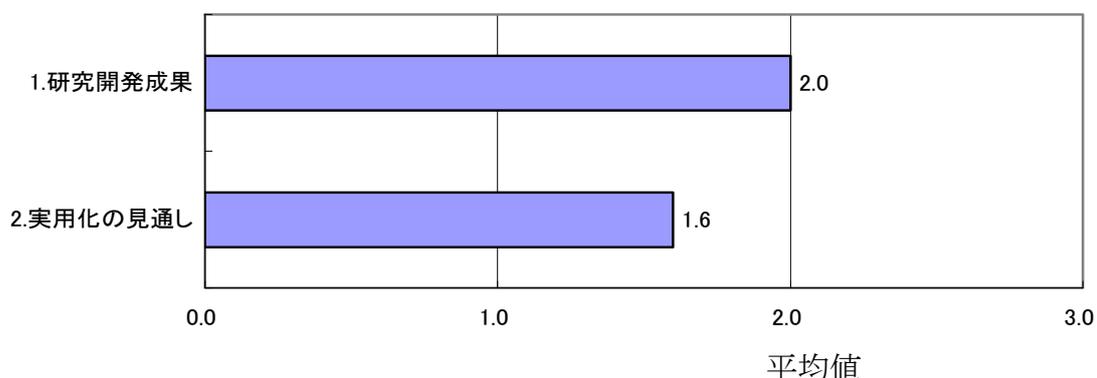
- ①易加工性 CFRTP 中間基材の開発
- ②易加工性 CFRTP の成形技術の開発
- ⑥易加工性自動車一次構造材用閉断面構造部材の開発



### ③易加工性 CFRTP の接合技術の開発



④易加工性 CFRTP のリサイクル技術の開発



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
等方性 CFRTP 中間基材関連									
1. 研究開発成果について	2.3	B	B	A	B	B	B	B	A
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.7	C	B	A	C	B	C	B	B
一方向性 CFRTP 中間基材関連									
1. 研究開発成果について	2.4	B	A	A	B	B	B	B	A
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.4	C	B	B	C	B	C	C	C
易加工性 CFRTP の接合技術の開発									
1. 研究開発成果について	2.1	B	B	A	B	B	B	B	B
2. 実用化の見通しについて	1.7	C	B	A	C	B	C	B	B
易加工性 CFRTP のリサイクル技術の開発									
1. 研究開発成果について	2.0	C	B	A	B	B	B	B	B
2. 実用化の見通しについて	1.6	C	B	A	C	B	C	C	C

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 研究開発成果について		2. 実用化、事業化の見通しについて	
・非常によい	→A	・明確	→A
・よい	→B	・妥当	→B
・概ね適切	→C	・概ね妥当であるが、課題あり	→C
・適切とはいえない	→D	・見通しが不明	→D