

新規研究開発事業
「革新炭素繊維技術の開発」
に関する事前評価報告書

平成22年7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、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、「革新炭素繊維技術の開発」の事前評価であり、実際の評価に際しては、省外の有識者からなる、新規研究開発事業「革新炭素繊維技術の開発」に関する事前評価検討会委員（座長：金原 勲 金沢工業大学副学長／ものづくり研究所所長）が事前評価を実施した。

今般、当該検討会における検討結果が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（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22年7月
産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

目 次

はじめに	1
産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会委員名簿	3
新規研究開発事業「革新炭素繊維技術の開発」 に関する事前評価検討会委員名簿	4
新規研究開発事業「革新炭素繊維技術の開発」 に関する事前評価審議経過	5
事前評価報告書概要	7
第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要	10
第2章 評価結果	16
第3章 評価小委員会委員からのコメント	21

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 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
	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	横浜国立大学大学院工学研究院教授
	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
	富 田 房 男	北海道大学名誉教授
	中小路 久美代	株式会社S R A先端技術研究所 リサーチディレクター
	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・社会政策部主任研究員

(委員敬称略、委員長除き五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

新規研究開発事業「革新炭素繊維技術の開発」に関する事前評価検討会
委員名簿

座長	金原 勲	金沢工業大学副学長 ものづくり研究所所長
	大松沢 明宏	日本化学繊維協会技術グループ主任部員
	梶原 莞爾	信州大学客員教授 京都工芸繊維大学繊維科学センター特任教授
	澤田 吉裕	大阪市立大学 大学院工学研究科機械物理系専攻教授

(敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省製造産業局繊維課

新規研究開発事業「革新炭素繊維技術の開発」に関する事前評価 審議経過

○事前評価に関する説明を個々に実施（平成22年4月23日～4月30日）

- ・評価の方法等について
- ・技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要並びに創設の妥当性について
- ・評価の進め方について

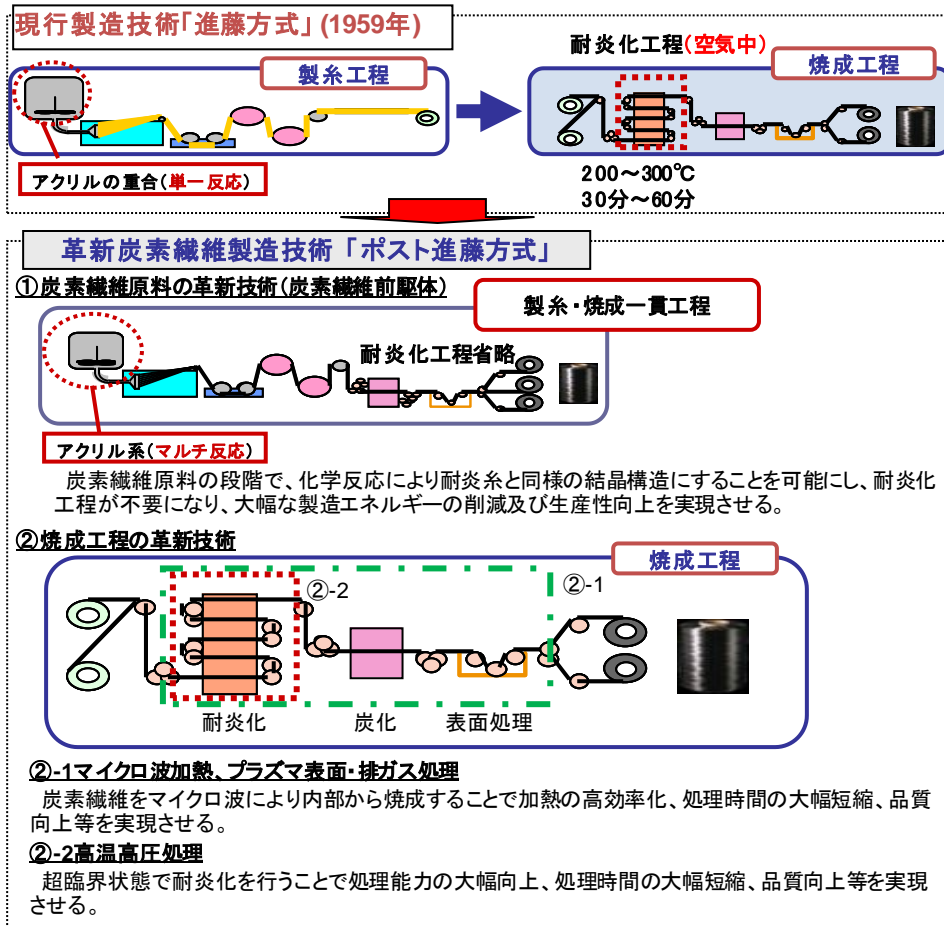
※外部有識者（評価者）を訪問するなどにより、上記3つの項目について説明を行った後、メールレビューにて評価報告書(案)の審議を実施。

○第32回産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成22年7月7日）

- ・評価報告書(案)について（包括審議）

事前評価報告書概要

新規研究開発事業	革新炭素繊維技術の開発
技術に関する施策名	繊維産業（炭素繊維）に係る技術の施策
事業推進課	製造産業局繊維課
<p>技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要</p> <p>世界に誇る我が国の高い繊維技術の国際競争力維持・強化や省エネルギー・二酸化炭素排出量削減などエネルギー・環境問題への対応を積極的に図るため、繊維分野における環境関連技術や環境問題に貢献できる素材技術などの研究開発を進めるとともに、繊維製造工程における省資源・省エネルギーを推進することが重要である。</p> <p>特に、炭素繊維は我が国が世界市場の約7割を占める国際競争力の非常に高い高付加価値素材であり、軽くて強いという特性から省エネや環境保全などの社会的ニーズに大いに応えることができる繊維素材として位置づけられている。</p> <p>しかしながら、近年では中国や台湾、特に中国は政府の支援も受け、生産技術・能力の追いつきが脅威となっており、我が国の国際競争力をいかにして維持するかが課題となっている。</p> <p>また、現在の炭素繊維製造法（進藤方式）は、アクリル繊維を空気中高温で耐炎化（焼成）するもので、製造時における製造エネルギー及びCO₂排出量はいずれも鉄の約10倍と高く、更に除熱効率の装置限界から生産性もなかなか高められないのが現実である。</p> <p>従って、これらの課題を解決し、我が国の国際競争力を維持・拡大するとともに自動車など新たな分野に炭素繊維の活用を広げるためには、革新炭素繊維の製造プロセス技術の開発が必要不可欠であり、炭素繊維の製造エネルギーとCO₂排出量の半減及び生産性の大幅向上（約10倍の生産量）を両立させた革新炭素繊維製造プロセスに係る技術開発を行う。</p>	



評価概要

1. 事業の目的・政策的位置付け(新規研究開発事業の創設)の妥当性

炭素繊維は、鉄やアルミニウム等の金属に代わりうる次世代構造素材で、日本が世界の約7割を生産する先端素材である。現在の炭素繊維製造技術は1959年に発明された進藤方式と呼ばれるもので、製造時における製造エネルギー及びCO₂排出量がそれぞれ鉄の10倍と高い。また、生産性を高めるのが非常に難しいため、近い将来重要用途として大量消費が見込まれる自動車分野での使用が本格化すれば、現在の製法では需要を満たすことは困難であり、同時に生産量拡大に伴うエネルギー消費量増大やCO₂排出量増加など地球環境保全の課題解決も重要である。

従って、炭素繊維の原料段階から製造技術を抜本的に見直す技術開発が重要となる。また、近年、中国が炭素繊維の技術開発に重点的に取り組んでおり、ここ数年で急速な追い上げを見せている。このため、現時点で我が国が持つ圧倒的に高い炭素繊維製造技術のレベルを、技術開発を通して一段と高めて、絶対的な優位性を確保すること(国際競争力の強化)も重要である。

本技術開発は、これまで未着手の技術開発分野で、このような産業の国際競争力の強化、エネルギー・環境問題への対応等社会的なニーズや必要とされる施策に合致した技術開発であり、その実施は必要不可欠である。また、事業の目的・政策的位置づけも明確であり、中国の追い上げ等を考えると、緊急性も高い。さらに、難易度の高い基盤技術開発であるため、民間企業が先行投資して実施するには非常に大きなリスクを伴うとともに、炭素繊維の製造技術には、炭素繊維メーカーに帰属する最高機密のノウハウが含まれ、民間ベースで情報共有しながら技術開発を進めるのは難しいことから、国が主導して実施する必要性は大きい。

なお、本技術開発の実施に当たっては、欧米に遅れをとっている製品評価技術等の応

用技術や標準化も同時に進めるとともに、本技術開発による研究開発成果の取り扱いへの配慮も必要と思われる。

2. 今後の新規研究開発事業の実施に向けての提言

本技術開発は、従来の製造技術の応用・改善を進めてきた炭素繊維メーカーにとって初めて炭素繊維の製造技術の抜本的革新を迫るものとして、重要な契機を与えるものと考えられる。

特に、鉄やアルミニウムの代替として炭素繊維が構造素材の主役になろうとしている時期に、他国の追随をかわし我が国の炭素繊維における国際競争力の優位性を保つことは、我が国の炭素繊維産業の発展の将来を左右するといっても過言ではない。そのため、国は一層の支援をするべきであり、参加企業は、従来の企業間の枠を超えた協働体制を整え、本技術開発に臨んでほしい。

また、近い将来、かつての我が国が圧倒的な競争力を誇っていた液晶パネルやDVDプレーヤーなどのように、中国の市場参入により低コスト競争が予想されるため、生産効率の向上だけでなく、高機能・高品質炭素繊維の創出の可能性追求や耐炎化糸のメゾオーダー^{注1}での構造・組織、特性評価手法探索の研究、標準化など、PANを凌駕する高性能炭素繊維向けの新規プリカーサーの研究開発につながる成果が本研究開発で得られることを期待する。

更に、素材開発一辺倒の発想にならないよう、ユーザーニーズ（出口）を常に意識した技術開発が行われることを期待する。

注1) 原子・分子レベルの「ミクロ」と材料全体の「マクロ」の中間に当たる領域。本研究開発においては、10ナノメートルから数マイクロメートルの領域をいう。

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

我が国の繊維産業は、従来から存在する構造的な課題と一昨年秋から始まった世界的な景気後退という新たな課題の新旧2つの課題に直面しているが、これまで長期にわたる苦境を乗り越え、品質や機能等の技術面、デザイン等の感性面等の強みがあり、産業として中長期的に再び大きく発展するポテンシャルを有している。

我が国の繊維産業の更なる発展のためには、今ある弱みを克服しつつ、そのポテンシャルを活かして、新興国等を始めとした衣料品等の市場の拡大や環境問題・安全・安心への消費者の意識の高まりといった新たな環境の変化にも適切に対処することが必要不可欠である。

このような中で、平成19年5月に策定された「繊維産業の展望と課題」（以下「繊維ビジョン」という。）にあるように、我が国の繊維産業は世界に誇る高い技術力を有しており、特に省エネや環境保全などの分野での貢献が期待されている。特に、軽くて強いという特性を有する炭素繊維はこれらの社会的ニーズに大いに応えることができる繊維素材として位置づけている。我が国繊維産業の国際競争力維持・強化や省エネルギー・二酸化炭素排出量削減などエネルギー・環境問題への対応を積極的に図るため、繊維分野における環境関連技術や環境問題に貢献できる素材技術などの研究開発を進めるとともに、繊維製造工程における省資源・省エネルギーを推進することが重要である。更に、研究開発を実施する上では、将来の国際競争力強化に不可欠な基礎・基盤的な研究における優先課題に対し、産学官連携の体制を強化しつつ、重点的に研究開発投資を行い、政府はこれを資金面等を含めて支援することが必要である。

このような目標を背景にして、これまで炭素繊維分野では、産業競争力強化や省エネルギー等を推進するため、炭素繊維複合材料に係る研究開発を実施しているところである。

また、炭素繊維は本年6月にとりまとめられた「産業構造ビジョン2010」の「戦略5分野」の中の「先端分野」の一つとして位置付けられており、積極的に支援していきべき戦略分野でもある。

【参考】

1. 平成22年6月産業構造審議会産業競争力部会報告書「産業構造ビジョン2010」（炭素繊維に関する記載（抜粋））

Ⅲ. 今後の戦略分野

5. 先端分野

天然資源に恵まれない我が国が、長期に渡り競争力を維持・向上させるには、技術・イノベーションにより、世界のフロンティアを開拓し続けることが必要である。このため、「産業構造ビジョン2010」においても、以下の10分野を特に有望な先端分野と捉え、積極的に支援していくことを提言する。

- ① ロボット
- ② 航空機
- ③ 宇宙
- ④ 高温超伝導
- ⑤ ナノテク
- ⑥ 機能性化学
- ⑦ バイオ医薬品
- ⑧ 炭素繊維
- ⑨ 高度IT
- ⑩ レアメタル

2. 平成19年5月産業構造審議会繊維産業分科会「繊維産業の展望と課題」
(繊維産業の素材・技術に関連する記載(抜粋))

○「1. 繊維産業の意義と発展の可能性」

➤ 「(1) 経済の高付加価値化への貢献」

日本の繊維産業は高い技術力を活かして高機能な繊維素材を提供、加工することにより新たな材料革命を先導する役割を果たせる。



○「2. 繊維産業の今」

➤ 「(2) 拡大する機会」、「③合成繊維の多様な可能性」

日本の合成繊維は衣料用・非衣料用ともに、高品質・高機能・高質感を求められる分野において技術の高さが高く評価されている。特に最近、世界的に重要性が指摘されている省エネや環境保全の分野では、多くの需要が期待されている。例えば、省エネでは鉄などの金属を代替する軽量化素材や環境保全では従来からあるフィルターなどの用途展開のほか、低環境負荷の合成繊維が開発されるなど、多様な展開が期待できる。

➤ 「(3) 活用すべき強み」、「新素材開発力と国内顧客産業の国際競争力」

日本の繊維産業は、世界有数の技術力、開発力に支えられた、高品質・高機能商品にその強みはある。例えば、衣料品については、最近世界で注目されている環境・省エネ分野に対応する素材を開発・製品化している。一方、非衣料分野においては炭素繊維やアラミド繊維など、新たな市場を創出する画期的な新素材が生み出されている。他方、日本には自動車、情報通信、医療健康、航空宇宙、地球環境、建築土木等産業用繊維を調達する業種に国際競争力の高い企業が存在している。このように、日本の繊維産業がもつ高度な技術力から高スペック市場における潜在需要は大きい。現実には、異業種の顧客企業が求める厳しいスペックに適合した素材を製品化し、衣料用途から非衣料用途への転換で大きな成果を上げている繊維企業もある。しかし、産地企業の多くはこのような取り組みが不十分である。今後、異業種との取り組みや最終製品を具体的に想定した部品・部材等の共同開発を加速されることが必要であり、その結果繊維の新規市場開拓が大いに見込まれる。

○「3. 繊維産業が全体として取り組むべき課題と国の役割」

➤ 「(2) 技術力の強化」

日本企業が生産拠点を国際展開し、発展途上国への技術移転が進む一方、高齢化の進展とともに国内における技術・技能の伝承は困難になりつつある。しかし、長期的に日本の国際競争力を維持するためには、国内に高付加価値の生産・技術基盤が残り、次々に新たな製品や製法を開発しつづけることが重要である。このため、国内にある繊維産業資源の集約化、事業者間の相互連携、顧客業界との摺り合わせを通じ、高度なものづくりの基盤を確保することが不可欠である。また、環境関連技術、環境貢献技術、繊維リサイクル技術の開発を進め、製造工程における省資源・省エネルギーを推進することで、地球環境に優しいものづくりを実現し、地球温暖化問題に貢献していくことも重要である。

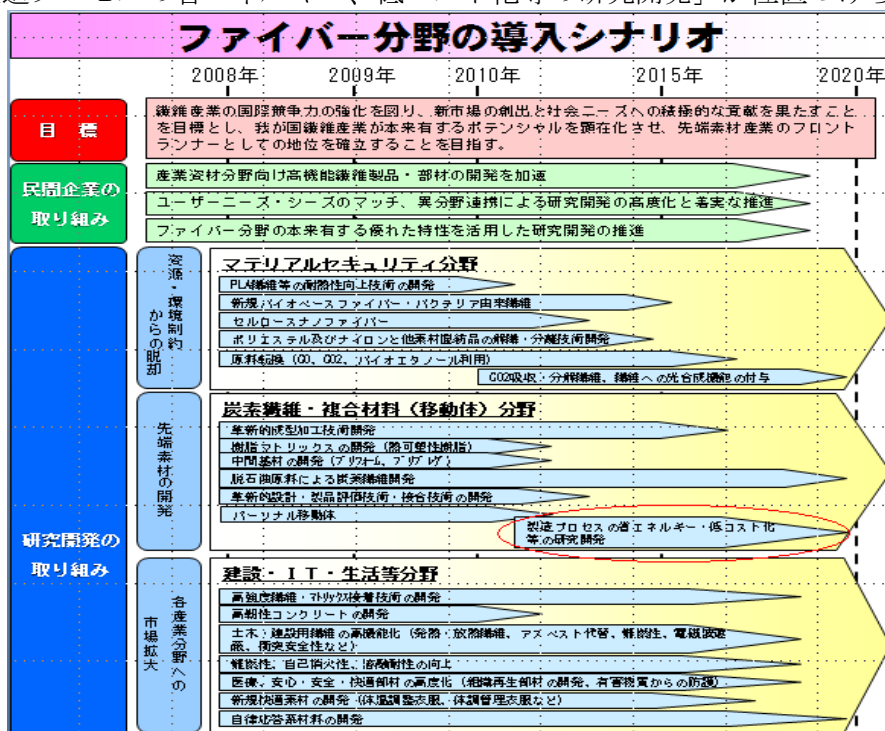
➤ 「研究開発投資の重点化」

『2007年に策定された『次世代繊維技術戦略』及びこれを踏まえて策定された『ファイバー分野の技術戦略マップ』に基づき、企業は喫緊の国際競争力確保に必要な研究、将来の国際競争力強化に不可欠な基礎・基盤的な研究における優先課題に対し、重点的に研究開発投資を行い、政府はこれを資金面、税制面を含めて支援する。具体的には、技術戦略マップに示された技術開発を推進していくことが必要である。

これらの基礎・基盤的研究を進めるにあたっては、大学を中心とした産学官連携の体制を強化することが必要である。

3. ファイバー分野の技術戦略マップ

繊維ビジョンでも記載されているが、経済産業省の「ファイバー分野の技術戦略マップ」は「マテリアルセキュリティ分野」、「建設・IT・生活等分野」、「炭素繊維・複合材（移動体）分野」、「基盤技術分野」の4つの分野から成り、炭素繊維については重要分野であることから独立して「分野」として位置づけられている。更に、技術マップの導入シナリオにおいて、「先端素材の開発」としてこの「炭素繊維・複合材料（移動体）分野」があり、その中の大きな柱に「製造プロセスの省エネルギー、低コスト化等の研究開発」が位置づけられている。



(出所：ファイバー分野の技術戦略マップ)

このように、「繊維ビジョン」及び「ファイバー分野の技術戦略マップ」において、国際競争力の維持・確保のため、我が国の世界に誇る高い繊維技術、特に炭素繊維関連の技術開発は我が国繊維産業の研究開発の方向性として重要であると位置づけられており、国が推進すべき重要な研究開発項目である。

2. 新規研究開発事業の概要

現行の炭素繊維製造における原料（炭素繊維前駆体）、製糸、焼成の技術について、抜本的な見直しを行うことにより、製造エネルギー及びCO₂排出量を半減させるとともに生産性も飛躍的に向上（約10倍）させることができる「革新的炭素繊維製造技術の開発」を行う。

詳細は別添PR資料を参照のこと。

3. 事業の目的・政策的位置付け（新規研究開発事業の創設）の妥当性

炭素繊維は、軽くて強いという優れた特性から、自動車等の運輸車両の軽量化を図ることができるということで省エネルギーや二酸化炭素排出削減に大きく貢献できる素材として期待されている。

また、これまで炭素繊維の世界市場は日本企業が約7割を占めるという寡占状態であったが、近年では航空機を中心とした需要の牽引を受け、欧米の既存の炭素繊維メーカー各社が炭素繊維製造プラントの増設を発表するとともに、中国では政府主導により炭素繊維製造技術の開発に注力しており、既に汎用炭素繊維レベルまでの生産能力はあると言われている。今後、中国における汎用炭素繊維の生産能力の飛躍的な拡大も否定できない状況である。（2006年の中国におけるPAN系炭素繊維メーカーは約12社、生産能力は約1,310トン

／年とするデータもある。)

これまで経済産業省では、炭素繊維関連の研究開発としては平成20年から5カ年計画で「サステナブルハイパーコンポジット技術の開発」を実施している。本事業では、自動車などの運輸部門等で消費されるエネルギーの大幅低減を図るため、自動車の車体の大幅軽量化と燃費の大幅改善を可能とし、加工の迅速性やリサイクル性等を向上させる熱可塑性樹脂を用いた新たな炭素繊維複合材料(サステナブルハイパーコンポジット)の開発を行っている。本事業により、熱硬化炭素繊維複合材料の課題である易加工性やリサイクル性を解決できる炭素繊維複合材料の創出が可能となる。

一方で、現在の炭素繊維製造法(進藤方式)は、アクリル繊維を空气中高温で耐炎化(焼成)するため、製造エネルギー及び二酸化炭素排出量はいずれも鉄の約10倍と非常に高く、除熱効率の装置限界から生産性もなかなか高められないのが現状である。先端素材である炭素繊維が幅広い用途に普及していくためには、従来の製造方法のままでは製造エネルギー、二酸化炭素排出量及び生産性の観点から限界であると言える。2030年には、約500万台の新車に炭素繊維が使われると推定すると自動車用途として約50万トン／年の大量な炭素繊維需要が見込まれているが、現行方法での生産能力では対応が困難な状況であり、近い将来見込まれる炭素繊維の大量需要に速やかに対応するためには生産性向上等が喫緊の課題となっている。

こうした状況を踏まえ、我が国の炭素繊維に係る国際競争力の維持・強化を図るためには、これまで炭素繊維メーカーが培ってきた技術力を応用した高品質な炭素繊維生産による差別化だけでなく、中国などの新興国の追い上げが想定される汎用分野でも圧倒的な競争力を確保することが重要である。また、近い将来見込まれる炭素繊維の大量需要に的確に対応していくためには、生産技術の革新が必要不可欠であり、新興国の追い上げがまだ本格化していない現時点において、時を逸することなく産官学の英知を結集させてポスト進藤方式の革新的製造技術を確立することが必要である。

「革新炭素繊維製造技術の開発」は、炭素繊維に係る製造エネルギー、二酸化炭素排出量の低減(環境面)及び生産性向上(生産面)の両立を目標とし、他国の追随を押さえて将来にわたり、我が国の炭素繊維の国際競争力維持・強化のためには欠くことができない技術開発であり、「繊維産業(炭素繊維)に係る技術の施策」の一つとして国が実施することの妥当性は極めて高い。

また、本技術開発は、炭素繊維の原料、焼成方法などの製造プロセスを従来方法から抜本的に変える画期的な内容であることから、非常に難易度が高く、民間企業が先行投資して実施するには非常に大きなリスクを伴うため、ビジネス的側面からのインセンティブが働かないものである。産学官が一体となり英知を結集させオールジャパン体制で取り組まなければ開発の成功率は高まらず、また他国の追随をかわすためのスピード観を持って行うことも他国との競争において優位に立つために重要である。

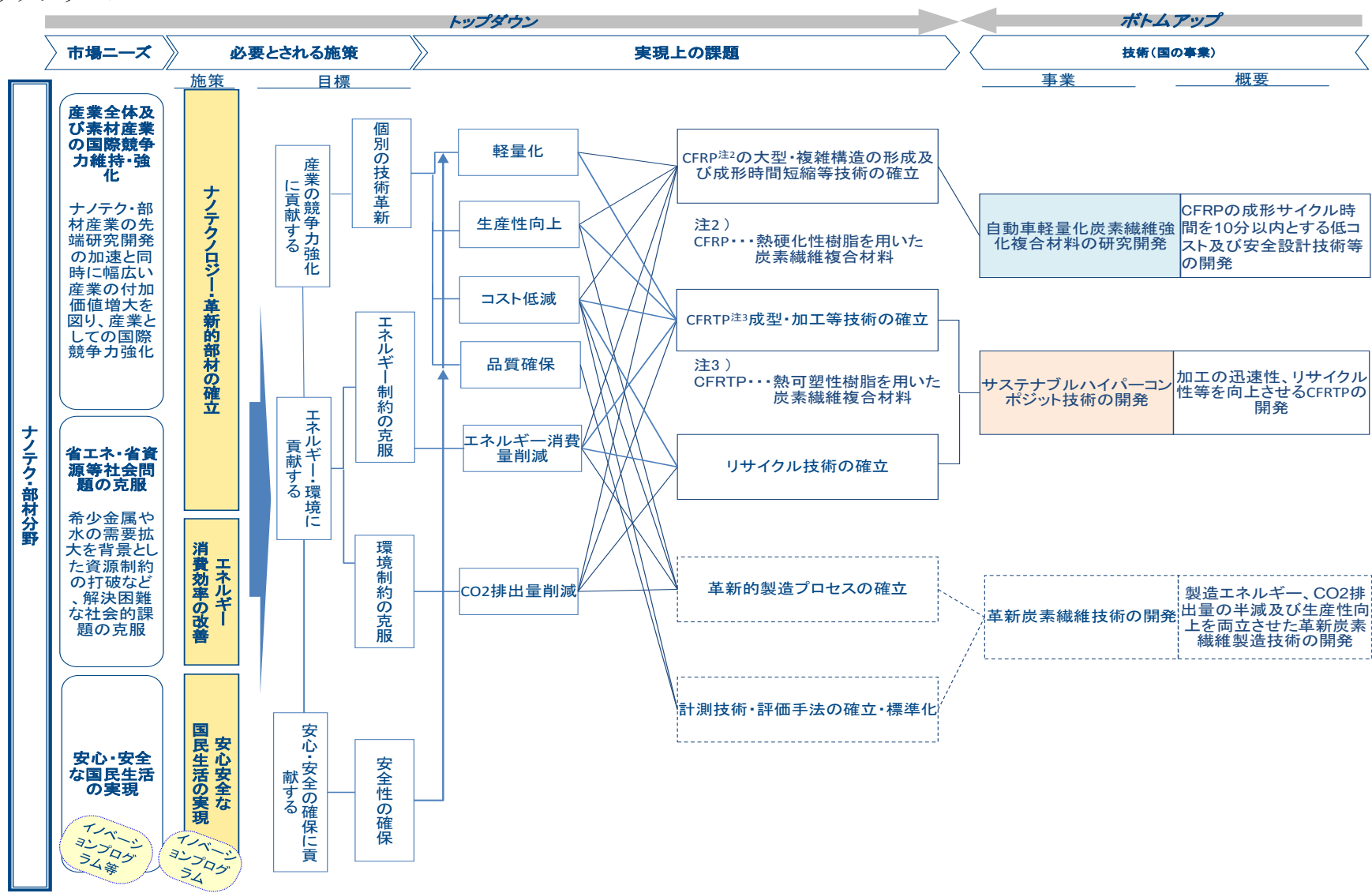
このように、本技術開発はリスクが高く不確実性の高い領域のものであり、国際競争力の維持・強化、省エネルギーや二酸化炭素排出量低減を推進する観点から、国が特に積極的に関与し、支援することが必要である。

また、本技術開発のアウトプットからアウトカムへの展開としては、現行の炭素繊維製造における原料(炭素繊維前駆体)、製糸、焼成の技術について、抜本的な見直しを行うことにより、製造エネルギー及びCO2排出量を半減させるとともに生産性も飛躍的に向上させる技術を確立し、自動車等への炭素繊維の普及拡大はもとより新市場の創出・獲得の実現を目指す。アウトカムとしては、我が国の炭素繊維及び関連産業の国際競争力の強化、低炭素社会への実現及び安全性等を確保した自動車などの普及による生活の豊かさへの貢献が挙げられる。

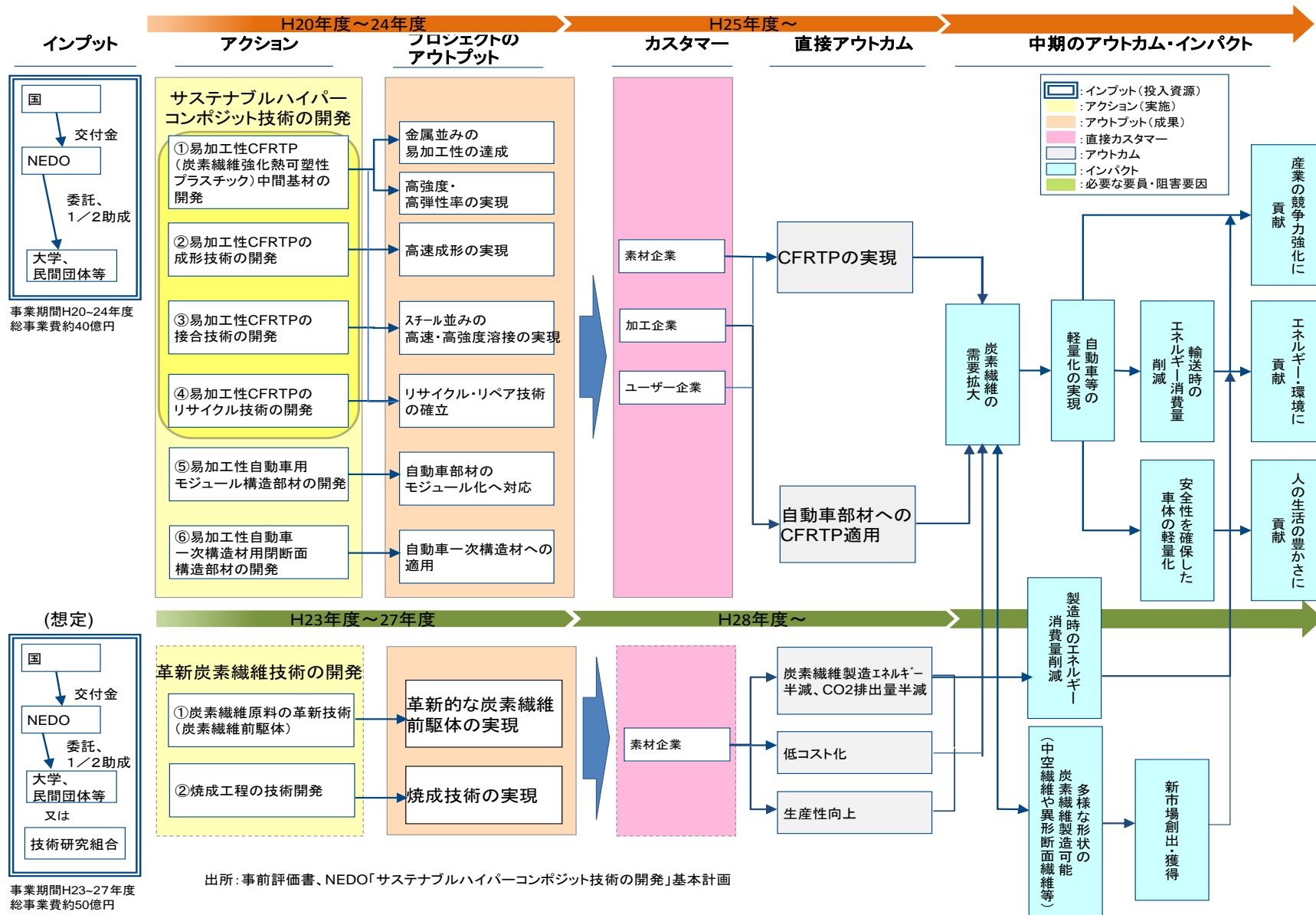
なお、本技術開発に関して類似事業などは省内及び他省庁においても実施しておらず、重複はない。

4. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図

<ロジックツリー>



<ロジックモデル>



第2章 評価結果

1. 事業の目的・政策的位置付け（新規研究開発事業の創設）の妥当性

炭素繊維は、鉄やアルミニウム等の金属に代わりうる次世代構造素材で、日本が世界の約7割を生産する先端素材である。現在の炭素繊維製造技術は1959年に発明された進藤方式と呼ばれるもので、製造時における製造エネルギー及びCO₂排出量がそれぞれ鉄の10倍と高い。また、生産性を高めるのが非常に難しいため、近い将来重要用途として大量消費が見込まれる自動車分野での使用が本格化すれば、現在の製法では需要を満たすことは困難であり、同時に生産量拡大に伴うエネルギー消費量増大やCO₂排出量増加など地球環境保全の課題解決も重要である。

従って、炭素繊維の原料段階から製造技術を抜本的に見直す技術開発が重要となる。

また、近年、中国が炭素繊維の技術開発に重点的に取り組んでおり、ここ数年で急速な追い上げを見せている。このため、現時点で我が国が持つ圧倒的に高い炭素繊維技術のレベルを、技術開発を通して一段と高めて、絶対的な優位性を確保すること（国際競争力の強化）も重要である。

本技術開発は、これまで未着手の技術開発分野で、このような産業の国際競争力の強化、エネルギー・環境問題への対応等社会的なニーズや必要とされる施策に合致した技術開発であり、その実施は必要不可欠である。また、事業の目的・政策的位置づけも明確であり、中国の追い上げ等を考えると、緊急性も高い。さらに、難易度の高い基盤技術開発であるため、民間企業が先行投資して実施するには非常に大きなリスクを伴うとともに、炭素繊維の製造技術には、炭素繊維メーカーに帰属する最高機密のノウハウが含まれ、民間ベースで情報共有しながら技術開発を進めるのは難しいことから、国が主導して実施する必要性は大きい。

なお、本技術開発の実施に当たっては、欧米に遅れをとっている製品評価技術等の応用技術や標準化も同時に進めるとともに、本技術開発による研究開発成果の取り扱いへの配慮も必要と思われる。

【肯定的意見】

- 炭素繊維は鉄、アルミニウムと続いた金属時代に代わりうる次世代構造素材であり、現在の我が国の優位性を保つためには環境対応を考慮した革新炭素技術の開発は国家戦略の上で重要な意味を持つ。
- 航空機、自動車等の生産方式が金属ベースプロセスより複合材ベースプロセスに変化しつつあるが、我が国の対応は欧米に比べると格段に遅れている。しかし欧米を中心とした移動体の生産プロセスの変化は炭素繊維の需要を飛躍的に伸ばすと予想される。この観点からも炭素繊維生産技術の合理化は重要である。
- 炭素繊維は日本が世界の約7割を生産する先端素材で、輸送機器分野（航空機、自動車等移動体の軽量化）、環境・エネルギー分野（風力発電、燃料電池、圧力容器等）、土木・建築分野（軽量建材、耐震補強等）の開発において極めて重要な素材として世界の注目を集めている。現在日本は炭素繊維の素材技術で、欧米をリードし世界のトップを走るが、従来のコンペティターである欧米に加えて、最近では中国も技術開発に重点的に取り組んでおり、ここ数年で急速な追い上げを

見せている。日本が現在のポジションを維持し続けるためには、炭素繊維の更なる高品質化・高機能化、製造工程の効率化等に向けた不断の技術開発以外に道はないものとする。

- 中国では依然として炭素繊維開発の意欲は衰えていないが高性能化が達成できていないとの伝聞情報を得ている。したがって、現時点では世界的に圧倒的に高いレベルの我が国の炭素繊維製造技術レベルをオールジャパン体制で一段と高めて、2－3年以内に技術力の圧倒的な優位性を示すことが、当該分野の我が国の絶対的な優位性を確保するためにも重要である。
- 炭素繊維の需要拡大を見越した中国の追い上げは急ピッチで進められている。特に拡大を目指す技術戦略そのものが大きく揺るぎかねない。このため緊急性は大きいものと考えられる。
- PANを出発物質とする炭素繊維の高性能化（炭素化率も含めて）は限界に来ているように思われる。炭素繊維のさらなる高性能化（例えば折曲げられる炭素繊維）を目指し、原料から考え直すことが重要である。
- 構造用部材としてのCFRPの適用を拡大するためには、そのコストパフォーマンスと強度、弾性率などの材料力学的特性の信頼性向上が第一に必要であり、このためには炭素繊維特性の信頼性向上が最重要課題である。本研究計画は、この観点での確かな研究開発計画である。（澤）
- エネルギー使用量の観点からの改善は生産量拡大に伴って地球環境保全から解決が必須となる事項である。本研究開発計画は、この観点からも重要な研究開発計画である。また、これはコストの観点からも重要な課題である。
- 高分子化学の精密化が進んできたので、耐炎化繊維を熱処理でない化学反応プロセスで実現することが可能なフェーズになってきたと思われる。
- 炭素繊維複合材料の大量消費型の用途開発が本格化すれば、現在の我が国の（世界の）炭素繊維製造能力では供給不可能であることは明らかであるので、ロジックモデルの観点からも本事業は必要不可欠と考えられる。
- 炭素繊維技術開発の重要性は、技術戦略マップ・ファイバー分野、並びに技術施策体系図に明確に示されている。技術戦略マップ・導入シナリオの「先端素材の開発／炭素繊維・複合材料分野」では、その中の大きな柱として「製造プロセスの省エネルギー、低コスト化等の研究開発」が位置づけられている。技術施策体系図では「産業競争力強化への貢献」「エネルギー・環境への貢献」「安心・安全の確保への貢献」を重要施策として、実際の課題に対応した国の技術開発事業として、これまでに「自動車軽量化炭素繊維強化複合材料の研究開発」、「サステナブルハイパーコンポジット技術の開発」が実施されてきた。「革新炭素繊維技術の開発」は未着手となっているが、これは炭素繊維の近い将来の重要用途として見込まれる自動車分野のニーズに逸早く対応することを最優先としたためであり、技術蓄積ができつつある現下、次に取り組むべきテーマは拡大する市場（炭素繊維の世界需要量：2010年の38,000tから、2020年には167,000tに拡大（航空機分野、自動車を含む工業分野、環境分野で大幅な拡大）するとの予測もある）への生産面での対応（大量供給）であり、かつ環境負荷を大幅に低減することを目的とした技術開発（革新炭素繊維技術の開発）であるとする。

以上の通り、「革新炭素繊維技術の開発」は、国際的優位性をもち世界をリードする日本の炭素繊維産業の競争力を維持・強化するために重要かつ海外の追い上げもあって緊急性の高い研究テーマであるとする。その成果は、「石油資源枯渇」、「環境問題への対応」、「安心・安全の向上」に資するものであるから社会的ニーズに合致した技術開発であるといえる。事業の目的・政

策的位置けは極めて重要であり、難度の高い基盤技術の開発であることから、国が実施する事業として適切なテーマであると考え。国内における同様の研究事例、国の事業としての重複もないことから、ファイバー分野において早急に取り組むべき技術開発事業である。

- ・ファイバー分野の技術戦略マップの炭素繊維・複合材料(移動体)分野に革新炭素繊維製造技術の開発は明確に位置づけられており、本事業要求の位置付けはロジックツリー、ロジックモデルとして筋が通っているものと考えられる。

加えて、我が国の炭素繊維メーカーのもつ高い国際競争力の維持・確保の観点から、本事業は施策目標とマッチングしていると考えられる。

- ・炭素繊維の製造技術は我が国の炭素繊維メーカー3社に帰属する最高機密のノウハウであり、相互の情報共有はない。本事業は、短中期的に製造技術そのものの基盤技術革新を目指しており、国が主導して実施する必要性は大きいものと考えられる。
- ・これまで経済産業省内および他省庁の事業に炭素繊維複合材料等の先進複合材料の開発がいくつかのナショプロとしてとりあげられてきたが、炭素繊維製造技術そのものの革新を目的とするものは皆無であり、本事業との重複はない。

【問題点・改善すべき点】

- ・炭素繊維素材の生産は我が国が優位にあるが、その応用では欧米に後れを取っている。その状況を改善するためには製造技術のみではなく製品評価技術（織物、複合材等）の開発も同時に進めるべきであろう。
- ・炭素繊維の二次あるいは三次製品への展開において複合化技術の開発が必要であるが、ハイブリッド複合化（炭素繊維と他の高性能繊維とのハイブリッド）や3D織編技術、さらには一体成型技術開発が遅れている。炭素繊維素材開発からその先の製品化まで見越したマトリックス樹脂開発、二次、三次製品開発技術まで同時進行できないか。
- ・素材としての炭素繊維の開発のみでなく、プリフォーム等のテキスタイル技術、プリプレグ等の中間基材の開発も視野に入れておく必要があるものと思う。これに関連して、我が国の繊維産地の持つ既存技術（織り・編み・開織等）の複合材への応用展開もファイバー分野の技術戦略に含めることが望ましい。
- ・プロジェクト終了後の成果の取扱いをどのように考えるのか。プロジェクト参加企業以外にも技術移転するかどうか、国策としてどう判断するのか。
- ・各企業のプリカーサーおよび炭素繊維焼成プラントの操業条件は厳重な秘密保持がなされている。そして、実際の焼成時間は数分間であると記述している著書が出版されており、それを裏付ける特許（有効期限終了）も存在する。このような現状を認識しておくことが必要と思われる。（澤）また、プロジェクト参加企業は永年に亘って炭素繊維の開発をしてきた企業になると想定すると、各社で独自に達成して非公開で保持してきた技術と本プロジェクトによる研究開発成果の帰属に関するトラブルが発生しないような配慮も必要と思われる。
- ・我が国のプロジェクトでは終了後に成果報告として技術開示をする。このことが我が国の優位性を損なうことになることを危惧するので、そうならないための確保方法（たとえば特許公開までは成果報告書の一般への開示を延期する）のプロジェクト開始前の合意形成が必要だと思う。

2. 今後の新規研究開発事業の実施に向けての提言

本技術開発は、従来の製造技術の応用・改善を進めてきた炭素繊維メーカーにとって初めて炭素繊維の製造技術の抜本的革新を迫るものとして、重要な契機を与えるものと考えられる。

特に、鉄やアルミニウムの代替として炭素繊維が構造素材の主役になろうとしている時期に、他国の追随をかわし我が国の炭素繊維における国際競争力の優位性を保つことは、我が国の炭素繊維産業の発展の将来を左右するといっても過言ではない。そのため、国は一層の支援をするべきであり、参加企業は、従来の企業間の枠を超えた協働体制を整え、本技術開発に臨んでほしい。

また、近い将来、かつての我が国が圧倒的な競争力を誇っていた液晶パネルやDVDプレーヤーなどのように、中国の市場参入により低コスト競争が予想されるため、生産効率の向上だけではなく、高機構・高品質炭素繊維の創出の可能性追求や耐炎化系のメゾオーダーでの構造・組織、特性評価手法探索の研究、標準化など、PANを凌駕する高性能炭素繊維向けの新規プリカーサーの研究開発につながる成果が本研究開発で得られることを期待する。

更に、素材開発一辺倒の発想にならないよう、ユーザーニーズ（出口）を常に意識した技術開発が行われることを期待する。

【各委員の提言】

- ・鉄を制する国が世界を制するといわれた時代があった。この言葉は構造素材に優位に立つ国が繁栄するということを意味する。国家戦略における重要な構造素材である炭素繊維において現在の優位性を保つことは国の将来を左右するといっても過言ではない。このことを理解した上で、参加企業は従来の企業の枠を超えた協働体制を固め、本研究開発事業に臨んでいただきたい。
- ・過去においてアルミニウム生産が始まった時、英国政府はその素材としての重要性を鑑みアルミニウム生産企業を全面的に支援した。その結果アルミニウムが鉄に代わる素材として広く応用され、英国のアルミニウム産業が世界制覇を成し遂げたと聞いている。今アルミニウムに代わって炭素繊維が構造素材の主役になろうとしている時期に、国はより一層の支援をするべきである。
- ・近い将来、中国の市場参入により低コスト競争が予想されるため、生産効率の向上だけでなく、新規プロセスによる更なる高品質・高機能化炭素繊維の可能性についても追求してほしい。
- ・炭素繊維の生産効率の向上が主たる技術開発目標であるため、炭素繊維メーカーを中心とした開発体制となることが予想されるが、素材開発一辺倒の発想にならないよう、例えば、プロジェクト委員会とユーザー業界とで定期的な情報交換の場（技術開発の見通しをユーザー業界にPRし注目を集める。あわせて、ユーザー業界から情報（目標スペックやコスト等）を入手。本プロジェクトで開発するプロセスや炭素繊維の具体的目標スペック設定に活用）を持つなど、ユーザーニーズ（出口）を常に意識した技術開発が行われることを期待する。
- ・高性能炭素繊維を短時間で焼成する技術の開発研究が発表された1970年代は、ほとんどが引張強度と炭素化収率のみで評価されていた。しかし、目指すべき耐炎化系の構造設計のためには、その構造変化についての基礎的な研究による知見も有益な基礎情報となることから、これらの知見を集積・整理することが重要である。なお、1970年代に発表された研究要素として焼成雰囲気（ O_2+HCl , NO , SO_2 , S , NH_3 , H_2O ）あるいは焼成前の脱ガス、プリカーサーの共重合成分と組成、プリカーサー紡糸浴、プリカーサー延伸あるいは緊張処理などが私の記憶に残っている。

- ・耐炭化繊維の構造解析は主に赤外分光や NMR で行われてきた。このような分子オーダーのみならず分子間結合状態・高次構造のメゾオーダーでの構造・組織、特性について評価する方法を探索する研究にも着手することが目指すべき耐炭化系の構造設計のために有益な基礎情報となると期待する。
- ・炭素繊維および CFRP の両方共に品質管理、品質保証のための項目とその許容範囲（または限界）についての基礎的な理解は未だに十分ではない。CFRP の特性には炭素繊維フィラメントの特性のバラツキの影響が少なくなることが複合材料のメリットの一つであるが、その定量的な関係の理解は不十分である。そして、炭素繊維のバンドル内およびフィラメント内（繊維軸方向と横断面方向の両方）での特性の分布を把握するための評価方法も十分に確立されていないので、その CFRP 特性への影響についての研究も未着手である。このような観点からの基礎研究を行うことが品質管理のための基盤知識として必要である。
- ・本研究開発事業の後継プロジェクトとして検討するようなフェーズとは思いますが、PAN を凌駕する高性能炭素繊維向けの新規プリカーサー繊維の開発研究につながる萌芽が本研究開発で得られることを望む。
- ・これまで炭素繊維複合材料の開発に係わるナショプロは、高品質の炭素繊維を世界に供給する我が国メーカーの優れた製造技術を前提として、航空宇宙分野への応用を中心として開発が進められてきた。我が国の炭素繊維の品質向上と多様化及び生産量の増加は欧米の航空宇宙分野における需要拡大によるもので、需給関係の山谷や総生産量の規模がそれほど大きくないことから、炭素繊維メーカーにその製造技術の根本的な変革を迫る要因はほとんどなかった。本事業は、はじめて炭素繊維メーカーにその製造技術の革新を迫るものとして重要な契機を与えるものと考えられる。

従って、今後の展開をロードマップとして明確に描くことが重要と考えられる。とくに汎用炭素繊維と高品質炭素繊維の2分野に分けて、それぞれ原材料及び焼成工程の技術革新のフィージビリティスタディにより、短期的目標と中期的目標を明確に掲げていただきたい。また、これを契機に炭素繊維メーカー3社の協力により、現行のPAN系炭素繊維の製造における物質収支及びエネルギー消費量に関するデータを明確化し、定量的なライフサイクルインベントリーデータをベースとして技術革新の目標および達成度を評価していただきたい。

第3章 評価小委員会委員からのコメント

評価小委員会委員から本研究開発事業に対して頂いたコメントは以下のとおり。

- ・ 既存技術の低コスト化という側面に関する限り、中国が圧倒的優位に立つことは否定できない。日本としては、グリーンプロセス化よりも高性能／多量生産／多機能製品への応用／標準化が戦略目標になるように思われる。重要な課題ではあるが、製品を生産するユーザを取り込む体制が特に重要と考える。
- ・ CO₂ 排出原単位を半減することが「革新的」の主目的であるとするのであれば、炭素繊維製造プロセスの川下から川上までの総排出原単位との関係を企画すべきであろう。
- ・ 我が国のリードしている分野であり、今後革新的な技術開発は当然望まれる。なお、我が国の産業競争力維持のため本研究開発の意義はあるが、その一方で、国としてどこまで関与し、どこで民間が独自に実用化すべきかの時期と方策を検討する必要があると考えられる。
- ・ 将来の素材として炭素繊維の有望性は疑うところがなく、さらなる商用化を見据えると、生産性の大幅な向上に資する革新的製法開発を国がサポートする意義は十分あると思えるが、同時に、評価書にも指摘されているとおりの懸念が存在するため、あらかじめ以下の課題に十分対処した上でのベストフォーメーションを実現させてもらいたい。

＜課題1＞成果を出すプロジェクト体制が組めるのかどうか

主要メーカー3社は激しく競合しており、オープン化が進みパテントプールが成立するようなIT・電機業界とは異なり、炭素繊維メーカーはノウハウ重視のクローズド体制。このような3社をナショプロに本気でコミットさせるには、学界などから、それなりの求心力となるキーパーソンの参加が必要ではないかと思われるが、キーパーソンも既にそれぞれ連携しているメーカーが存在するなど、産学官連携の体制づくりに工夫が必要。

＜課題2＞明確な知財ポリシーの策定ができるかどうか

プロジェクトがスタートする前に、コンソーシアムにおける明確な知財ポリシーを定めていく必要がある。とりわけ、①ノウハウ、フォアグラウンドIP、バックグラウンドIPの取り扱い、②守秘義務（学生や留学生の介在要注意）、③成果の帰属と公表のルール（当初から非公開と定めておくことも必要）、④技術移転にかかわる制約（海外企業への技術供与だけではなく、参加企業の（海外も含む）子会社への供与まで、国益と利害関係などを考慮しながらあらかじめ決めておく）、⑤プロジェクト終了後の知財の帰属と管理（バイドールで委託先帰属とする以外の方法もあるのでは？）など。

＜課題3＞用途開発が可能なプロジェクト体制が組めるかどうか

炭素繊維のような素材開発の場合、アプリケーションの用途開発も同時に進めていく必要がある

り、川上・川下間の連携とフィードバックが重要な意味を持つ（川下から川上へのフィードバックを密にしながら研究開発を進めていくことが重要）。競合する3社も、それぞれ用途開発面での連携先パートナー企業があり、連携先パートナー企業同士がまた競争している場合も少なくない。＜課題1＞の問題とも共通するが、用途開発面も含めて、どのような連携体制が取れるのかが、かなり重要なポイントになる。