

「先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発」

事後評価報告書（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）	10
評点結果	17

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
「先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発」（事後評価）

分科会委員名簿

(平成23年9月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	きむら よしはる 木村 良晴	京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科 バイオベースマテリアル学専攻 教授 兼 繊維科学センター長
分科会長 代理	こにし しゅんいち 小西 俊一	株式会社日立プラントテクノロジー 空調システム事業本部 テクニカルエンジニアリング部 部長
委員	いそがい あきら 磯貝 明	東京大学 大学院農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 教授
	たかだ かずのり 高田 和典	独立行政法人物質・材料研究機構 環境・エネルギー材料部門 電池材料ユニット ユニット長
	でがわ とおる 出川 通	株式会社テクノ・インテグレーション 代表取締役社長
	なかの しげゆき 中野 恵之	兵庫県立工業技術センター 繊維工業技術支援センター 主任研究員
	ならはら すみと 檜原 澄人	株式会社メック ナノファイバー事業部 兼 生産部 取締役 部長

敬称略、五十音順

プロジェクト概要

		作成日	平成23年7月15日
プログラム（又は施策）名	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	「先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発」プロジェクト	プロジェクト番号	P06030
担当推進部/担当者	電子・材料・ナノテクノロジー部 田谷 昌人（平成23年7月15日現在） ナノテクノロジー・材料技術開発部 木村 禎一（平成21年4月1日～平成22年3月31日） ナノテクノロジー・材料技術開発部 山森 義之（平成19年4月1日～平成21年3月31日） ナノテクノロジー・材料技術開発部 村山 三素（平成18年4月1日～平成19年3月31日）		
0. 事業の概要	<p>本プロジェクトは繊維状材料に対してナノオーダーの成形加工や微細な界面加工ならびに複合化することで材料を高機能化し、革新部材を創出する。共通基盤技術として、①電界紡糸法における繊維高機能化、大型装置化技術の開発、②ナノ溶融分散紡糸法による炭素超極細繊維製造技術の開発を実施し、高分子材料、無機材料および炭素材料の超極細繊維の製造技術を開発する。そして、製造に必要な基礎データ集積、製造された繊維状材料の物性や構造の計測と評価、および資源環境問題を配慮しつつ、安全性の評価等を行う。さらに、共通基盤技術で開発した成果をもとに実用化技術開発に関わる各企業と連携し③高性能、高機能電池用部材の開発、④高性能、高機能フィルター用部材の開発、⑤高性能、高機能医療衛生・産業用部材の開発を実施し、我が国産業の競争力の強化を図ることを目的としている。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>【NEDOが関与する意義】</p> <p>我が国の材料産業は、国際的に高い技術力と競争力を有し、我が国の経済社会の発展を支えているが、川下産業との取引のオープン化に伴いユーザーとの連携の希薄化が進行する一方で、汎用的な材料技術はアジア諸国の技術向上によるキャッチアップが進行している。そのため我が国において産学官を含む連携の強化（川上川下の垂直連携、材料創成と加工の水平連携など）を図ることで、次世代の部材分野での我が国のイノベーションを促進することが喫緊の課題となっている。</p> <p>そこで本プロジェクトは、情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど、あらゆる分野に対して高度化あるいは不連続な革新（ジャンプアップ）をもたらすナノテクノロジー及び革新的部材技術を確立するとともに、その実用化や市場化を促進することで、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等を可能とすることを目的とする。</p> <p>材料技術は、材料の特性・機能の向上が製品機能の向上に直結するなど産業技術全般に大きな波及効果をもたらす基盤技術であるが、昨今の国際競争の激化により、さらなる飛躍的発展のキーテクノロジーとして革新的な新材料創製技術が求められている。総合科学技術会議の科学技術基本政策策定の基本方針においても、「ナノテクノロジー・材料分野」を国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点化対象とすることについては、多様な視点から概ね妥当と評価しうるとされている。</p> <p>本プロジェクト（先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発）は、豊かで快適な人間生活を送りたいという国民の願望のもとに高度情報社会、省エネ・省資源、安全・安心、健康長寿命を目指した社会の実現に向けて、科学的知見を基盤に革新的な新材料創製技術を通じて深く寄与するものである。特に近年の状況は、海外においても、米国やヨーロッパを中心にこの方面の研究開発に資金や研究者開発者を投入して精力的な取り組みがなされており、グローバルな開発競争となっている。しかし我が国の現状は、高い科学的水準や技術開発力を有しているにもかかわらず、大学・研究機関や民間会社において個別に行われているにすぎない。このため、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）は、産学の科学的、技術的ポテンシャルを結集して、共通基盤技術（水平）の上に複数の実用化技術（垂直）の展開を図るというこれまでにない新しいプロジェクト形式を組み、産学の連携を推進しつつ産業技術を組織的かつ戦略的に展開することを事業方針とし、本プロジェクトを実施する。</p> <p>以上のような国家的課題は、個々の民間企業の経済的な観点に基づく自主的努力に単純に任せる分野ではなく、政府が主体的に進める重点分野の一つであり、革新的部材産業創出、新産業創造高度部材基盤技術開発の両分野は、従来からNEDOがこれまでに蓄積してきた知識、実績を生かし、推進すべき課題である。</p> <p>【実施の効果（費用対効果）】</p> <p>（費用） 45億円（H18-22年度総額 <交付金>）</p> <p>（効果） 4.7兆円（市場創出効果：2020年）</p> <p>事業の成果を適用することによって高速大型電界紡糸装置に事業化が図れるのみならず、本装置を用いた超極細繊維や超微細構造繊維製造の事業化が可能となり2020年頃には年間約5000</p>		

億円の経済効果が見込まれる。またナノ溶融分散紡糸による炭素製造の事業化が図られ本方法による炭素繊維は2020年頃には年間約2500億円の経済効果が見込まれる。

さらにこれらの製品は環境・エネルギー分野、燃料電池、情報家電分野、医療・福祉/安全・安心分野の部材として2020年頃には蓄電材料関係、モバイル燃料電池関係、超純水製造、スーパー環境フィルター、スーパークリーンルーム、医療用スーパー安全製品に利用されそれぞれ年間1.5～3兆円の経済効果が見込まれる。

【事業の背景・目的・位置付け】

(背景)

平成15年度国際共同研究先導調査事業「省エネルギーに繋がるナノファイバーテクノロジー先導技術調査」によりシーズ発掘が行われた(学が中心)。引き続きF/S調査(平成16年度「新構造繊維部材の実用化課題の調査」)によりシーズの検証を行い、「我が国の強みである繊維を基とした新構造繊維部材は、セパレータ、フィルター、高強度構造材など多くの産業分野への応用が可能であり、特にIT分野(2次電池)、環境分野(フィルター)、バイオ分野における本格的な実用化のためには研究開発プロジェクトにより組織的に対応する必要がある」との結論を得た。以上の結果を受けて、部材技術マップに「環境・エネルギー分野—フィルター、二次電池用活物質」に求められる高機能部材として、繊維・樹脂分野の新素材開発による創成を追加し、ユーザーの要望に対応する高度部材を供給するための繊維の極微細加工と高次複合化を実現可能とする基盤技術開発とその成果を活用する実用化開発からなる本プロジェクトを創成した。

(目的)

上記背景により、創成された「先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発」プロジェクトの目的は高性能且つ高機能電池用部材の開発、高性能且つ高機能フィルター用部材の開発、及び高性能且つ高機能医療衛生・産業用部材の開発という実用化技術を実施するにあたり必要不可欠とされる革新的繊維状部材創出のための基盤技術を確立することであり、豊かで快適な人間生活を送りたいという国民の願望のもとに高度情報社会、省エネ・省資源、安全・安心、健康長寿命を目指した社会の実現に向けて、科学的知見を基盤に革新的な新材料創製技術を通じて深く寄与するものである。

(位置付け)

本プロジェクトは、情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど、あらゆる分野に対して高度化あるいは不連続な革新(ジャンプアップ)をもたらすナノテクノロジー及び革新的部材技術を確立するとともに、その実用化や市場化を促進することで、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等を可能とすることを目的とした「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環として実施するものである。

材料技術は、材料の特性・機能の向上が製品機能の向上に直結するなど産業技術全般に大きな波及効果をもたらす基盤技術であるが、昨今の国際競争の激化により、さらなる飛躍的発展のキーテクノロジーとして革新的な新材料創製技術が求められている。総合科学技術会議の科学技術基本政策策定の基本方針においても、「ナノテクノロジー・材料分野」を国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点化対象とすることについては、多様な視点から概ね妥当と評価しうるとされている。

先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発は、豊かで快適な人間生活を送りたいという国民の願望のもとに高度情報社会、省エネ・省資源、安全・安心、健康長寿命を目指した社会の実現に向けて、科学的知見を基盤に革新的な新材料創製技術を通じて深く寄与するものである。また、技術戦略マップの「環境・エネルギー分野、燃料電池、情報家電分野、医療・福祉/安全・安心分野」等にも位置づけられている。特に近年の状況は、海外においても、米国やヨーロッパを中心にこの方面の研究開発に資金や研究者開発者を投入して精力的な取り組みがなされており、グローバルな開発競争となっている。しかしわが国の現状は、高い科学的水準や技術開発力を有しているにもかかわらず、大学・研究機関や民間会社において個別に行われているにすぎない。このため、NEDOは、産学の科学的、技術的ポテンシャルを結集して、共通基盤技術(水平)の上に複数の実用化技術(垂直)の展開を図るというこれまでにない新しいプロジェクト形式を組み、産学の連携を推進しつつ産業技術を組織的かつ戦略的に展開することを事業方針とし、本プロジェクトを実施する。

II. 研究開発マネジメントについて

事業の目標	本プロジェクトは繊維状材料に対してナノオーダーの成形加工や微細な界面加工ならびに複合化することで材料を高機能化し、革新部材を創出する。共通基盤技術として、①電界紡糸法における繊維高機能化、大型装置化技術の開発、②ナノ溶融分散紡糸法による炭素超極細繊維製造技術の開発を実施し、高分子材料や無機材料や炭素材料の超極細繊維を製造すると同時にそれらを製造するために必要な基礎データ集積や製造された繊維状材料の物性や構造の計測と評価、資源環境問題を配慮しつつ、安全性の評価等を行う。さらに、共通基盤技術で開発した成果をもとに③高性能、高機能電池用部材の開発、④高性能、高機能フィルター用部材の開発、⑤高性能、高機能医療衛生用・産業用部材の開発を実施し、我が国産業の競争力の強化を図る。						
事業の計画内容	主な実施事項	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	総額
	①電界紡糸法における繊維高機能化、大型装置化技術の開発	427	352	294	254	180	1,507
	②ナノ溶融分散紡糸法による炭素超極細繊維製造技術の開発	185	165	121	146	96	713
	③高性能、高機能電池用部材の開発	188	203	136	91	78	696
	④高性能、高機能フィルター用部材の開発	74	90	69	59	35	327
	⑤高性能、高機能医療衛生用・産業用部材の開発	138	152	105	99	65	559
開発予算 (単位：百万円)	会計・勘定	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	総額
	一般会計	822	860	675	597	487	3,441
	特別会計	0	0	0	0	0	0
	加速予算	190	81	50	62	0	382
	総予算額	1,012	962	725	649	487	3,835
	(委託)	612	517	415	400	276	2,220
	(助成)：助成率1/2	400	445	310	249	178	1,582
(共同研究)：負担率	0	0	0	0	0	0	
開発体制	経産省担当原課	製造産業局化学課					
	プロジェクトリーダー	国立大学法人 東京工業大学 教授 谷岡 明彦					
	助成(1/2)先、委託先	1/2助成先：シナノケンシ株式会社、帝人株式会社、日本電気株式会社、住友精化株式会社、DIC株式会社、栗田工業株式会社、日本エアール・フィルター株式会社、帝人テクノプロダクツ株式会社、東洋紡績株式会社、日清紡ホールディングス株式会社、グンゼ株式会社 委託先：東京工業大学、再委託先：九州大学					
情勢変化への対応	<p>NEDO、実施者とも、研究開発の実施に関し、活発に情報交換に務めるとともに、その取り組み方等を討議して、円滑な推進に協力した。状況変化に応じて下記の対応を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・開発項目③高性能、高機能電池用部材の開発(1)パッシブ型燃料電池の開発においては、最終目標値である電池出力100mW/cm²について、主にアノード側の検討・電解質膜・触媒層の改良により近々に目標値をほぼ達成できる見込みのため、平成20年度末で本プロジェクトを卒業し、モバイル用燃料電池開発については、自社で検討を進めた。 ・プロジェクトの運営管理として、進捗状況や技術推進委員会の結果をふまえ、目覚ましい技術的成果を上げ、年度内に更なる追加配分を行い、加速的に研究を進捗させることにより、当該技術分野における国際競争上の優位性が確立できることが期待されるテーマに関して、研究加速財源の配分を行った。 ・開発項目②ナノ溶融分散紡糸法による炭素超極細繊維製造技術の開発では炭素超極細繊維(CNF)の応用展開の一つとして、集中研と垂直連携体制の企業とで電池用電極への適用を進めている。重要特性のひとつである、CNF単糸での熱伝導測定を実施するため平成21年10月より九州大学を再委託先として追加した。 						

<p>中間評価結果への対応</p>	<p>部材や製品の普及に向けて、実用化、事業化の可能性の高いテーマに予算を集中的に投下するといった検討をするなど、本分野の日本の優位性をプロジェクトの後半部分で是非、達成して欲しいとの提言に対して、ナノファイバーの大量生産化に向けた革新的技術を開発するという成果を受けて、本分野の日本の優位性を確立すべくナノファイバーの高機能化技術の加速を実施した。</p> <p>分野の違う部材や製品の実用化に向けての課題で共通のものがあるように考えるので、本事業内での情報の共有化による連携強化とともに、オールジャパンで知財の確立、さらなる技術展開を目指して貰いたいとの提言に対して、事業者間の情報共有を行うため、ナノファイバー運営委員会、電界紡糸グループ会、ナノ溶融分散紡糸グループ会を開催し連携を強化するとともに、ナノファイバー学会が設立（平成20年12月）されたことから、本学会を活用し知識の蓄積と技術の有効活用を通して、オールジャパンで推進した。</p>						
<p>評価に関する事項</p>	<table border="1"> <tr> <td>事前評価</td> <td>平成17年12月 実施</td> </tr> <tr> <td>中間評価</td> <td>平成20年 9月 実施</td> </tr> <tr> <td>事後評価</td> <td>平成23年度 事後評価実施予定</td> </tr> </table>	事前評価	平成17年12月 実施	中間評価	平成20年 9月 実施	事後評価	平成23年度 事後評価実施予定
事前評価	平成17年12月 実施						
中間評価	平成20年 9月 実施						
事後評価	平成23年度 事後評価実施予定						
<p>III. 研究開発成果について</p>	<p>①電界紡糸法における繊維高機能化、大型装置化技術の開発、②ナノ溶融分散紡糸法による炭素超極細繊維製造技術の開発を実施し、高分子材料や無機材料や炭素材料の超極細繊維を製造すると同時にそれらを製造するために必要な基礎データ集積や製造された繊維状材料の物性や構造の計測と評価、資源環境問題を配慮しつつ、安全性の評価等を行う。さらに、共通基盤技術で開発した成果をもとに③高性能、高機能電池用部材の開発、④高性能、高機能フィルター用部材の開発、⑤高性能、高機能医療衛生用・産業用部材の開発 を実施し以下の成果を得た。</p> <p><u>研究開発項目① 電界紡糸法における繊維高機能化、大型装置化技術の開発</u></p> <p>【最終目標】</p> <p>(1) 大型電界紡糸装置基盤技術の開発 20 μl/本・分の噴出速度、20万本のノズルに相当する機能を有する大型装置により直径50nm、ばらつき20%以下の均質な超極細繊維の製造技術を開発する。</p> <p>(2) 電界紡糸法における繊維高機能化技術の開発 不織布状材料において60m/分以上、コーティングにおいて300m/分以上、フィラメントにおいて60m/分以上の高速連続製造を達成する。</p> <p>【成果】</p> <p>(1) 従来ノズルの百万倍以上の生成能力に相当する世界最高性能のロータリーシリンダノズルを開発した。さらに量産化にとって最大の問題である爆発の危険性を排除できる世界初のシステム「ファイバーリング (FR) 方式」を開発した。これらを用いて溶媒の種類、溶液濃度、温度、湿度、電場等の制御を行い、直径50nm以下、繊維径のばらつき20%以下を実現化した。</p> <p>(2) 溶媒・繊維塵の回収と防爆を完全にしたファイバーリング (FR) 方式を開発し各種高機能化繊維の製造高速化が容易になった。その結果実用化技術開発が促進された。固定化や自立膜の分離など繊維コレクターやロール系の改善、ノズル及び巻き取り系や電界制御系の改善を行った。これらの結果、不織布状材料において60m/分以上、コーティングにおいて300m/分以上、フィラメントにおいて60m/分以上の高速連続製造を可能にすることができた。</p> <p><u>研究開発項目② ナノ溶融分散紡糸法による炭素超極細繊維製造技術の開発</u></p> <p>【最終目標】</p> <p>ナノ溶融分散紡糸法では大型装置による超微細混練・紡糸技術、炭素不融化・焼成技術等の開発により、平均直径100nm、比表面積1500m²/g、不融化時間を現状の1/10の炭素超極細繊維の製造技術を達成する。</p> <p>【成果】</p> <p>液晶ピッチとPMP (Poly4methyl Penten) のブレンドポリマーをメルトブロー法で紡糸し、マトリックス除去・凍結乾燥・不融化・炭素化する事で超極細の融着の無い炭素繊維が出来、目標とする平均直径100nmが達成出来た。</p> <p>リグニンをナノ溶融分散紡糸し、CO₂ 賦活条件を精査する事により目標とする比表面積1500m²/gが達成出来た。</p> <p>ブレンドファイバー (BF) 中のピッチ繊維を不融化するのではなく、BFからマトリックスを溶剤で除去し凍結乾燥することにより、ピッチ繊維を単離し空隙の多い状態にする事が出来、目標とする不融化時間を現状の1/10に短縮する事が出来た。</p>						

研究開発項目③ 高性能、高機能電池用部材の開発

(1) パッシブ型燃料電池の開発

【最終目標】

電極の厚さが 100 μm 以下、燃料電池出力密度が 100 mW/cm^2 以上、及び低コスト化を実現する。

【成果】

燃料電池全体でのレベルアップと CNFbc による集電性・拡散性・排水性により目標 100 mW/cm^2 を達成することができた。今後は燃料電池の実用化に向けて市場の動向をウォッチングしながら研究開発を進めていく。

拡散層の厚さについては達成値 113 μm であるが、拡散層の厚さは薄ければよいというものではなく、集電性と拡散性のバランスが取れる最適値があることが判明した。

(2) 小型蓄電池の開発

【最終目標】

小型蓄電池である電気二重層キャパシタにおいて、エネルギー密度 200 Wh/l 、出力密度 10 kW/l を達成する。

【成果】

ハイブリットキャパシタにおいて、賦活化した炭素超極細繊維と易黒鉛化性炭素の粉砕品との混合電極を正極に用いることによって、電極内の炭素材料の密度を上昇させることができ、エネルギー密度を 100 Wh/l まで向上させることができた。しかし、目標とする 200 Wh/l を達成することは出来なかった。また、電極組成および電極成形法検討による電極の薄葉化を行い、出力密度を向上させることができた。これにより目標とする 10 kW/l を超える出力密度を達成することができた。

(3) 薄型電池の開発

【最終目標】

薄型電池においては、10 秒程度の高速充電が可能な薄型二次電池に必要な材料並びに製造技術を開発する。電池性能としては、厚さ 0.2 mm 、パワー密度 \sim 10 kW/L 、エネルギー密度 \sim 100 Wh/L を達成する。

【成果】

共通基盤技術 Gr が開発した綿花状炭素超極細繊維（繊維径 122 nm ）を電極に適用した厚さ 0.2 mm の薄型電池を開発し、パワー密度 12.3 kW/L 、エネルギー密度 116 Wh/L を実証した。

研究開発項目④ 高性能、高機能フィルター用部材の開発

(1) 超超純水製造プロセスフィルターの開発

【最終目標】

TOC 濃度で 0.1 ppb 以下、及び金属類を 0.01 ppt 以下を達成する。

【成果】

TOC : TOC 濃度 入口 1.5 ppm を出口 0.1 ppb とする（除去率として 99.9993 %に相当）システムとして、凝集ろ過+熱交換器+栄養剤+生物活性炭+還元処理+フィルター+純水システム+超極細繊維フィルターを考案し、0.5 ppb の水質までを確認するとともに、システム最適化で 0.1 ppb 以下を達成できる見通しを得た。

金属 : 金属濃度 入口 1 ppt を出口 0.01 ppt 以下とする（除去率として 99 %以上に相当）、イオン交換能を有する超極細繊維層を含む 3 層構造のフィルターを開発し、試作品での性能を確認した。

(2) 超耐熱性無機フィルターの開発

【最終目標】

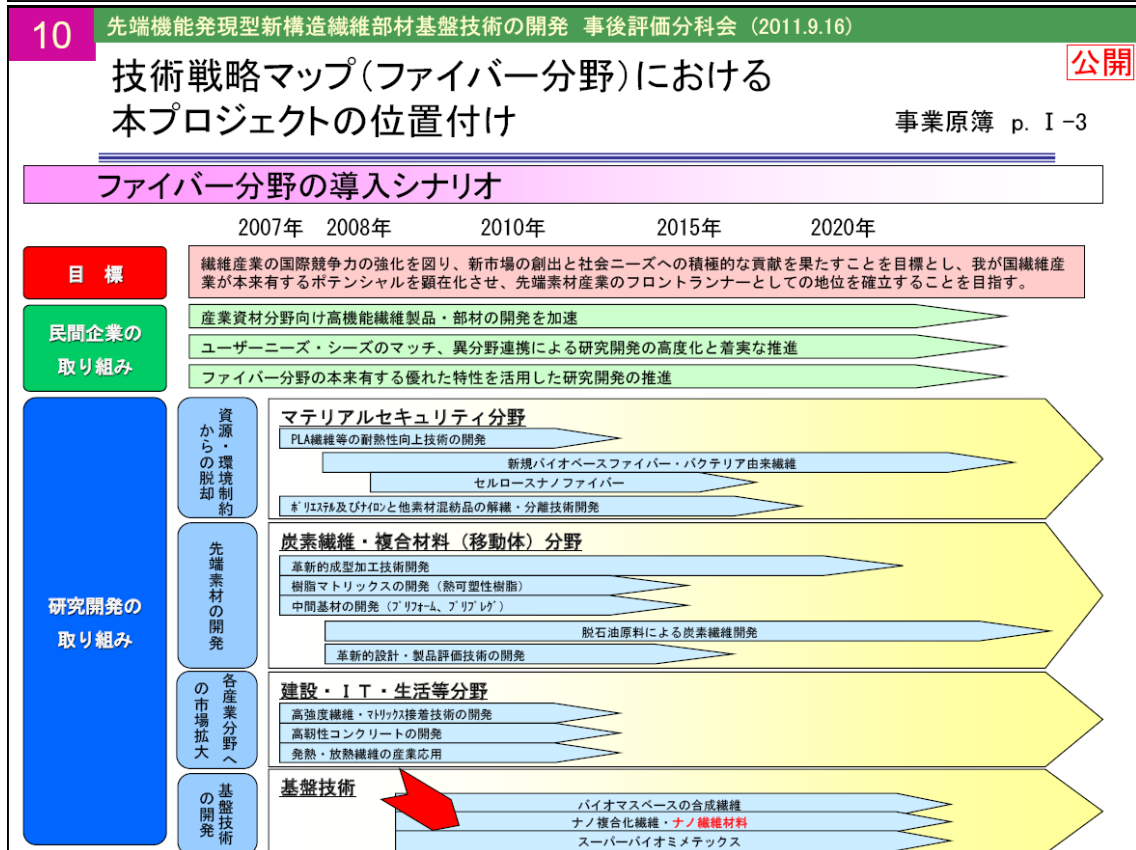
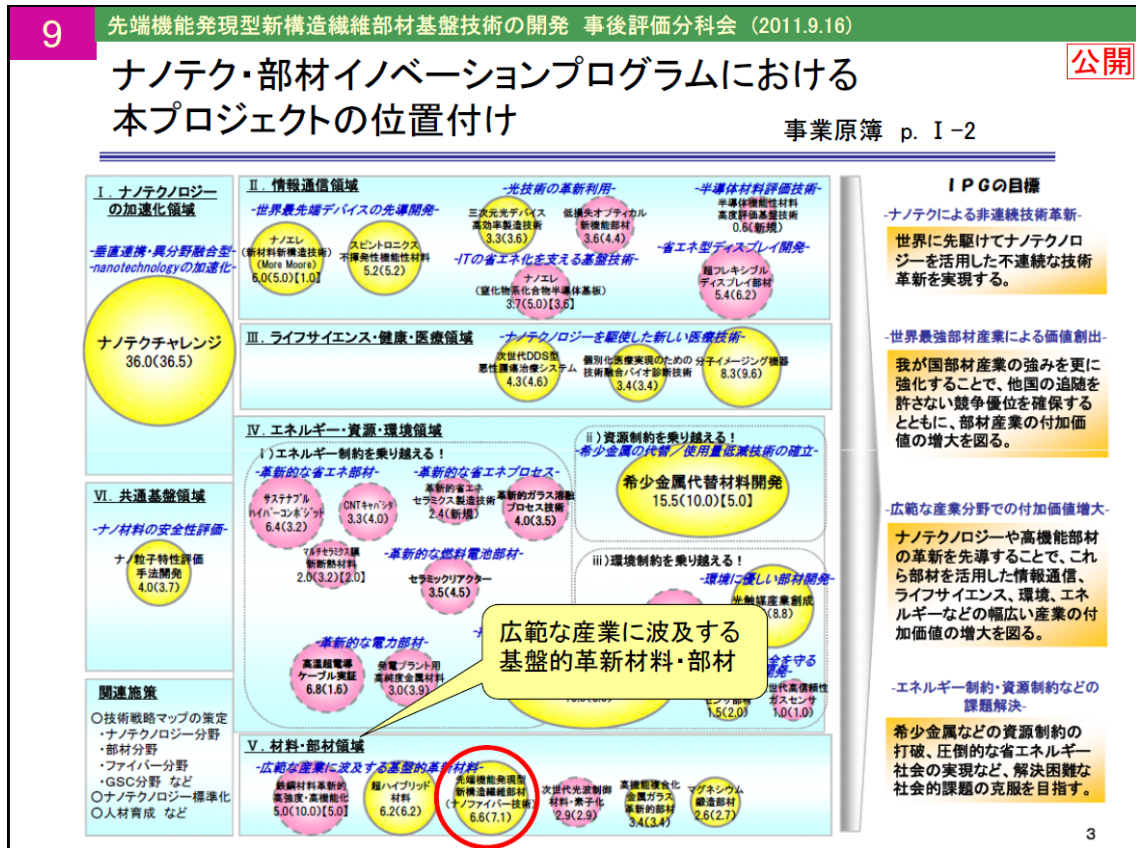
0.1 μm 粒子が 90 %捕捉可能な初期圧力損失が 120 Pa であり、耐熱性 1,000 $^{\circ}\text{C}$ を達成する。

【成果】

無機性バインダーを使用した保護基材にて無機超極細繊維の抄紙シートを作製し、無機超極細繊維の組成および紡糸条件を検討することで、繊維径 100 nm の無機超極細繊維を作製することができた。これをフィルターユニットとして組み込んで性能評価装置を行い、0.1 μm 粒子捕集効率 99 %以上、初期圧力損失 100 Pa 以下の性能を実現した。また、1000 $^{\circ}\text{C}$ 加熱後の性能を確認し、加熱による劣化が無く、耐熱性を有することを確認した

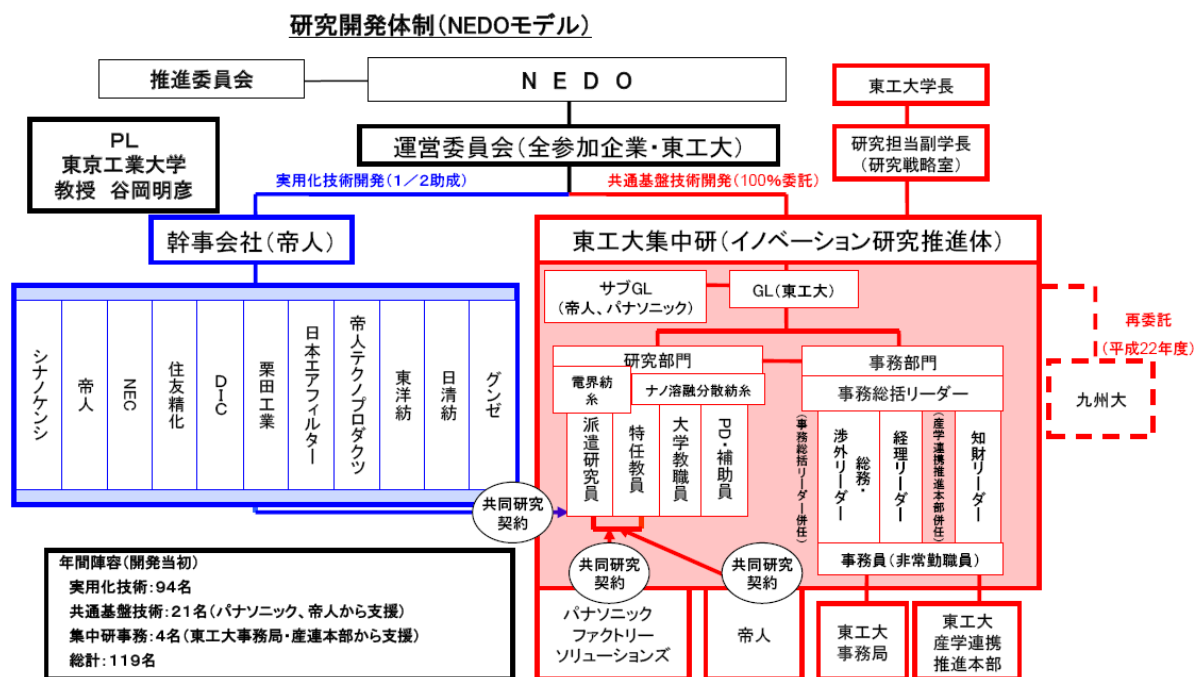
	<p>(3) 耐熱性有機フィルターの開発</p> <p>【最終目標】 0.1 μm 粒子が 99 % 捕捉可能な初期圧力損失が 120 Pa であり、耐熱性 400°C 以上を達成する。</p> <p>【成果】 メタアラミド繊維を用いた不織布上に電界紡糸にてパラアラミドポリマーの超極細繊維(繊維径: 100 nm 以下)と比較的太い繊維径の繊維を積層し、それら 2 枚を積層面で合わせてろ材パネルとした。本複数のパネルをジグザグに配置してユニット化し、更にろ材パネル表面にパラアラミドの超極細繊維を積層する事により、初期圧力損失と捕集効率の最終目標値を達成した。尚、積層されるパラアラミドポリマーの超極細繊維は、電界紡糸条件適正化によって、残存溶剤量を出来る限り低減する事により、耐熱性の最終目標値を達成した。</p> <p><u>研究開発項目⑤ 高性能、高機能医療衛生・産業用部材の開発</u></p> <p>(1) スーパークリーンルーム用部材の開発</p> <p>【最終目標】 共通基盤で研究開発した高強度・耐熱・化学安定性を有する超極細繊維を用いて超極細活性炭繊維を一体成型することにより、初期圧損が約 130 Pa で捕集効率が 99.97 % 以上(直径 0.3 μm 粒子)を達成する。</p> <p>【成果】 当社特殊耐熱ポリマーを用いて検討を実施した。プロセス条件を種々調整・最適化することで、繊維径 70 nm ± 10 nm の超極細繊維から成るフィルター部材の作製に成功した。これを用いたフィルター部材にて試験した結果、目標を達成した。</p> <p>(2) ヒューマンインターフェース医療衛生部材の開発</p> <p>【最終目標】 平成 22 年度はウイルス除去のため、細孔サイズを 10 nm、着用快適性の指標としての透湿性能を 20,000 ml/24h/m²、0.08 mm φ の針が貫通しない構造で、血液等の侵入防止に有効な撥水性の指標としての接触角 150 ° を達成する。</p> <p>【成果】 ウイルス粒子サイズ 60 nm を 99 % 捕集(米国マスク規格 N99)する部材を開発した。さらにナノサイズ飛沫の問題も克服し、防護用マスクとしての実用性を検証した。透湿性能は 21,100 ml/24h/m² を達成。針刺し抵抗値の向上により市販世界最小径 0.2 mm φ の針刺し防止を達成。最終目標の 0.08 mm φ は現有しないが、針径がより細くなるため座屈現象により針が刺さらないと推測される。撥水性接触角は目標の 150 ° を達成。高耐水性機能開発により血液等液体中での作業環境耐性を付与する。</p> <table border="1" data-bbox="472 1310 1401 1473"> <tr> <td>投稿論文</td> <td>18 件</td> </tr> <tr> <td>特許</td> <td>「出願済」 251 件 (うち国際出願(PCT) 24 件)</td> </tr> <tr> <td>その他の外部発表特許</td> <td>「学会発表」 94 件 「新聞、雑誌等発表」 67 件 「展示会」 9 件</td> </tr> </table>	投稿論文	18 件	特許	「出願済」 251 件 (うち国際出願(PCT) 24 件)	その他の外部発表特許	「学会発表」 94 件 「新聞、雑誌等発表」 67 件 「展示会」 9 件
投稿論文	18 件						
特許	「出願済」 251 件 (うち国際出願(PCT) 24 件)						
その他の外部発表特許	「学会発表」 94 件 「新聞、雑誌等発表」 67 件 「展示会」 9 件						
IV. 実用化、事業化の見通しについて	<p>事業の成果を適用することによって高速大型電界紡糸装置に事業化が図れるのみならず、本装置を用いた超極細繊維や超微細構造繊維製造の事業化が可能となり 2020 年頃には年間約 5000 億円の経済効果が見込まれる。またナノ溶融分散紡糸による炭素製造の事業化が図られ本方法による炭素繊維は 2020 年頃には年間約 2500 億円の経済効果が見込まれる。</p> <p>さらにこれらの製品は環境・エネルギー分野、燃料電池、情報家電分野、医療・福祉/安全・安心分野の部材として 2020 年頃には蓄電材料関係、モバイル燃料電池関係、超純水製造、スーパー環境フィルター、スーパークリーンルーム、医療用スーパー安全製品に利用されそれぞれ年間 1.5~3 兆円の経済効果が見込まれる。</p>						
V. 基本計画に関する事項	<table border="1" data-bbox="472 1733 1401 1870"> <tr> <td>作成時期</td> <td>平成 18 年 3 月 作成</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">変更履歴</td> <td>平成 18 年 6 月 P L 決定に伴い改訂。</td> </tr> <tr> <td>平成 20 年 3 月 研究開発動向に合わせ目標値の単位を一部変更に伴い改訂</td> </tr> </table>	作成時期	平成 18 年 3 月 作成	変更履歴	平成 18 年 6 月 P L 決定に伴い改訂。	平成 20 年 3 月 研究開発動向に合わせ目標値の単位を一部変更に伴い改訂	
作成時期	平成 18 年 3 月 作成						
変更履歴	平成 18 年 6 月 P L 決定に伴い改訂。						
	平成 20 年 3 月 研究開発動向に合わせ目標値の単位を一部変更に伴い改訂						

技術分野全体での位置づけ (分科会資料5-1より抜粋)



「先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発」

全体の研究開発実施体制



「先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発」（事後評価）

評価概要（案）

1. 総論

1) 総合評価

エレクトロスピンニングによる高分子ナノファイバーの製造技術に加えて、ナノ溶融分散紡糸法というわが国の独自技術についても改善を加えてナノカーボンファイバーの製造技術を確立した。両者の技術により製造されるナノファイバーをわが国の優位技術分野である電池の製造に活かすとともに、無機や高性能有機素材のナノファイバーを用いたエンジニアリング部材の開発、さらには新しい応用技術分野の開拓に成功した。当初提案された各技術目標をほとんどすべて達成しており、研究開発としての実績は極めて高いと評価される。また、基礎技術の実用化に向けた課題克服と産業化を水平～垂直連携と言う新手法を採用し、同時並行にて一定の成果を得られた事は、わが国における研究・開発のスピードアップへの事例を示したもので評価は高い。

しかしながら、生成したナノファイバーの構造解析など、基礎的なサイエンスの確立に十分でない面が見受けられた。これについては、現在も研究が行われているようであり、早期に新しいナノマテリアル科学の出現が望まれる。また、製品化プロセスは明らかにされているものが多かったが、商品化プロセスはほとんどの物について不透明である。より詳細なコスト計算と商品化を考える段階に来ている。本ナノファイバーに関する基礎および応用技術が、日本の先端産業の更なるブレークスルー的技術として進展し、世界をリードする産業に発展することを期待したい。

2) 今後に対する提言

大学の役割を再検討し、基礎研究開発に集中できる体制を再整備するべきである。企業の取組みについても、サンプルを作るだけでなく、産学官の研究開発体制をどのように維持発展させるかに留意すべきである。また、ナノマテリアルについて研究・製造過程でのリスクを議論されている事は周知であるが、本事業にて扱ったナノファイバーについても同様な事は予見されると思うので、リスク分析・評価の方向性についての検討が今後さらになされるべきである。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

ナノファイバーに関する基盤および応用展開技術は、広く産業に展開可能な技術であり、経済産業省の技術戦略マップともよく対応している。汎用化学繊維の生産が国外にシフトするなかで、高付加価値を持つ繊維部材の開発は、わが国の繊維産業の技術を保つためにも必要であり、日本の先端産業に対する将来への研究開発投資として極めて妥当である。ナノファイバーの応用分野として日本の最も強い技術分野との組み合わせを図ったのも NEDO ならではのフォーメーションといえる。

また、NEDO 講座は基礎研究を推し進めるのに貢献した。今後ともいくつかの大学に開設しながら同様の活動を積極的に続けてほしい。

2) 研究開発マネジメントについて

ナノファイバーと言う先端機能材料の研究・開発と実用化を同時並行的に進める手法である水平～垂直連携による開発に着目した事は大いに評価出来る。ナショプロとして、垂直水平連携のモデルケースになり得ると考える。また、ナショプロ実施の前に調査研究を行っており、その結果に基づいて技術動向、市場動向、開発目標、要素技術が設定されており、当然ではあるが妥当な研究計画を立てることができたプロジェクトリーダーの指揮がよく行き届いており、多くの優れた成果が産み出されたことも称賛に値する。知財化も十分に行われており、今後その活用が望まれる。

なお、研究開発は“生き物”であり、技術開発の進展度に合わせてその都度目標の変更が必要となる。基礎研究から産まれてくる新しい事象をシーズ技術に高める努力が必要であり、新しいシーズとなる技術を提案できるような余裕のあるマネジメントが求められる。

3) 研究開発成果について

ほとんどのテーマで目標値を達成しており、わが国の最も強い分野の独自技術となるものを多く開発でき、多くの数値目標で世界最高水準を達成できたことなど、その成果は高く評価される。NEDO 特別講座やナノファイバー学会の創設など、成果の普及・発展が期待できる方策を打ち出しており、特許も多数出願されている。

しかしながら、他の競合技術との比較があまり報告されておらず、世界最高水準との判断が、何を根拠にしているのかが明確でない。また、特許出願件数に対して、PCT 出願件数がその 1/10 程度というのは、「世界最高水準達成技術」として妥当なのかどうか不明である。さらに、多くの特許が申請されてい

るが、これら知財の体系化・体系的管理が行われたようには見えないので、それができる体制づくりが求められる。

4) 実用化、事業化の見通しについて

ナノファイバーをパイロットスケールで生産できる見通しが示され、これをベースに電池や耐熱フィルターなど有望な部材への適用性が確認された。事業化について目標やタイムスケジュールが明確になっており、技術や製品開発の道筋ができています。各種基盤技術についてはある程度構築することができたので、今後は各企業において商品化に向けたコストダウン、技術の絞り込み等の研究開発努力に期待したい。

一方、新たに設計・製造された電界紡糸装置は、試験的生産用であり大規模生産に利用するときは溶媒の回収を含めてさらなる改良が必要となる。ピッチのナノ溶融分散紡糸については、技術が完成するまでには至っていないので、さらなる検討が必要である。本事業にて開発した技術を、今回の研究開発グループにおける事業目的に限定せず広く多分野に応用できないか、全体を総括して検討してほしい。

個別テーマに関する評価

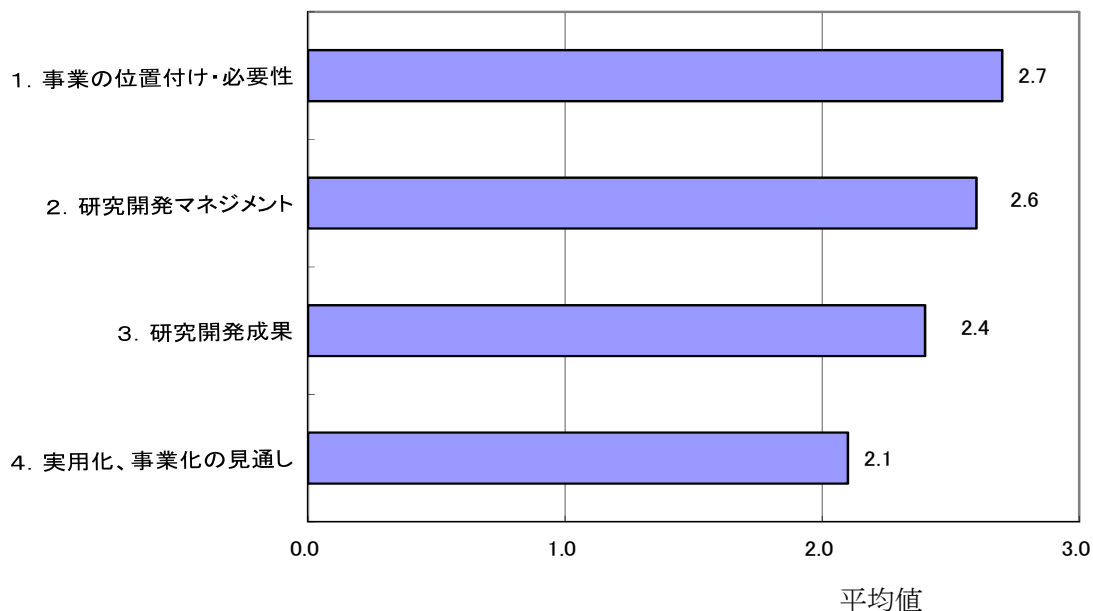
	成果に関する評価	実用化(、事業化)の見通しに関する評価	今後に対する提言
電界紡糸法における繊維高機能化、大型装置化技術の開発	<p>基盤技術である電界紡糸法における実用化を目指した装置の大型化に取組み、ノズルの高性能化を確立した事は評価が高い。この装置は世界をリードするものであり、大型でも、安全で効率的な新規電界紡糸技術の構築は、日本の先端部材開発に必ずやプラスとなり、新たな市場の創造につながる事が期待できる。</p> <p>しかしながら、溶媒の回収はスクラバーに頼っており、工業化における障害となる可能性がある。いかに薄まった溶媒ミストを回収するかが重要であるが、エントロピー変化を考慮すると困難ではないか。</p>	<p>実用化を目指す製品用途の多様性の面からも有望な基盤技術である。開発目標であるノズル性能、繊維直径、繊維径のばらつきこの3つの到達度も十分な値を得ており、実用化を加速させ得る成果が得られていると判断出来る。</p>	<p>製品化に向けたナノファイバーの収率を考慮したトータルコスト低減の観点から、前述の3つの目標値設定の最適化を検討して欲しい。ナノファイバー分野で国際的に優位性を持つためには、これまで困難とされている材料の量産技術を確保するなど、他の競合技術を凌駕する成果が望まれる。</p> <p>さらに、当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果も認められるので、企業の枠を超えた大学の場の活用をさらに展開されることを期待したい。</p>
ナノ溶融分散紡糸法による炭素	<p>紡糸技術にとどまらず、溶剤マトリックス除去法や新たな多孔</p>	<p>マトリックスとなるポリマーをシクロヘキサン溶媒を用いて</p>	<p>本法に替わる静電溶融紡糸法でも、本法で達成された 100nm</p>

超極細繊維製造技術の開発	化技術など、カーボンファイバーの実用化に資する要素技術の開発にも成功し、カーボン繊維単体の特性のみではなく、電池やキャパシタなどの性能向上につながることを実証した。成果は高く評価される。	除去する方法でピッチファイバーを分離している。この抽出法は、生産プロセスを複雑化し工業化の障害となる可能性がある。多段工程、有機溶剤使用など環境対応、省電力等の対応が現段階では不十分である。	以下の直径は得られる可能性があり、本法の優位性が実証されるべきである。
高性能、高機能電池用部材の開発	設定した数値目標はほぼ全て達成されており、高く評価できる。一方、ピッチのナノ溶融分散紡糸法で得られたナノカーボンファイバーを用いたキャパシタについてもある程度の性能が得られた。また、後者の有機ラジカル電池開発への適用も進んでおり、目標の達成度は高いと言える。	電界紡糸法を用いた PAN 系炭素繊維マットは燃料電池への応用が完結し、実用化に向けた技術課題についてはほぼ解決した。商品化のハードルは高いが、実用化の可能性と事業化に向けたシナリオについて詳細に検討されていると判断できる。また、事業化計画は立てられているが、まだ実験レベルの成果も多く生産体制に不安がある。今後は、寿命、耐久性、安全性、安定性の更なる検証が必要である。	一方、本研究開発項目内の各テーマはほとんど独立した形での運営であったが、各参加企業の研究開発の秘密、知財化を鑑みると、それぞれの個別テーマの間の横の連携と共有化を図ることは困難と思われる。しかし、もう少しテーマとしての一体感があってもよかったのではないかと。
高性能、高機能フィルター用部材の開発	フッ素系のイオン交換フィルター、耐熱無機フィルター、耐熱有機フィルターなど目的とした	フィルター担体性能のみではなく、ユニットの性能としても目標値をクリアしており、実用化研	産業用に適用する段階では寿命がメンテナンスコストに大きく影響する事から、寿命1年と限

	<p>性能をクリアしており、研究開発成果は高レベルにある。いずれも従来用いられたことのない高性能素材を原料ポリマーとして用いて電界紡糸法によるナノファイバーマットを作製したのち、適当な反応、加工を施して高性能、高機能化を達成しており、技術として高く評価できる。</p>	<p>究開発の最終目標と達成状況から実用製品への性能発揮可能性は評価出来る。</p> <p>しかしながら、事業化へのシナリオは明確にされているが、市場の規模、コストダウン、事業化の時期等について十分な見通しが立っているとまでは言えない。事業化に向けて、既存技術・商品とのスペック及びあらゆるコストの比較を行い、代替品となるかを数値的な比較で検討する必要がある。</p>	<p>らず実用化開発を通して更なる拡大にトライして欲しい。さらに、使用後のリサイクル性、環境負荷等の検討が不十分である。ライフサイクルアセスメントとしての検討も要する。</p>
<p>高性能、高機能医療衛生・産業用部材の開発</p>	<p>クリーンルーム用部材、医療衛生部材において当初の数値目標はすべてクリアされており、研究開発成果として高く評価することができる。</p> <p>一方、スーパークリーンルーム用エアフィルターとしての粒子捕集効率は、単に $0.1 \mu\text{m}$ での効率だけでなく粒子径別の捕集効率を論じるべき。粒子径に依存し</p>	<p>これらの素材を用いた製品化が順調に進められており、事業化に近い製品も多い。</p> <p>さらに、衣料製品への取り組みは、ナノファイバー製品の市場規模を増大させ、製造コスト低減に寄与すると考えられる。</p>	<p>ナノファイバーによる抗菌効果を見出しており、ナノ効果として興味深い。是非、そのメカニズムを解明してほしい。</p> <p>衣料製品については消費性能（繊維材料の JIS 試験等）について評価する必要がある。身につけるものであるため安全性の規格を定め、ナノファイバーによる人体への害がないことを明確にす</p>

	て捕集効率が変化することは周知の事であり、従来の HEPA フィルターでの特徴である粒子径 $0.1\sim 0.2\ \mu\text{m}$ の捕集効率は低い事との比較の検討が必要である。		ることが大切である。
--	--	--	------------

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	B	A	B	A	
1. 事業の位置付け・必要性について	2.7	A	A	A	B	A	B	A	
2. 研究開発マネジメントについて	2.6	B	A	B	A	A	B	A	
3. 研究開発成果について	2.4	B	A	B	A	A	B	B	
4. 実用化、事業化の見通しについて	2.1	B	A	B	A	B	C	B	

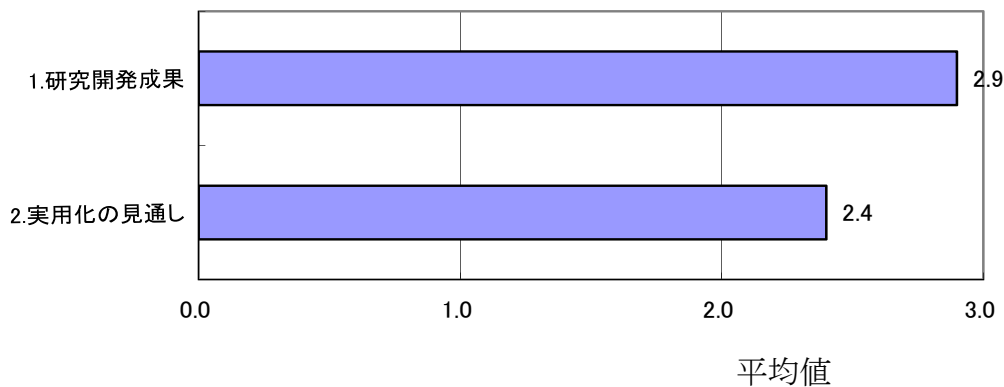
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

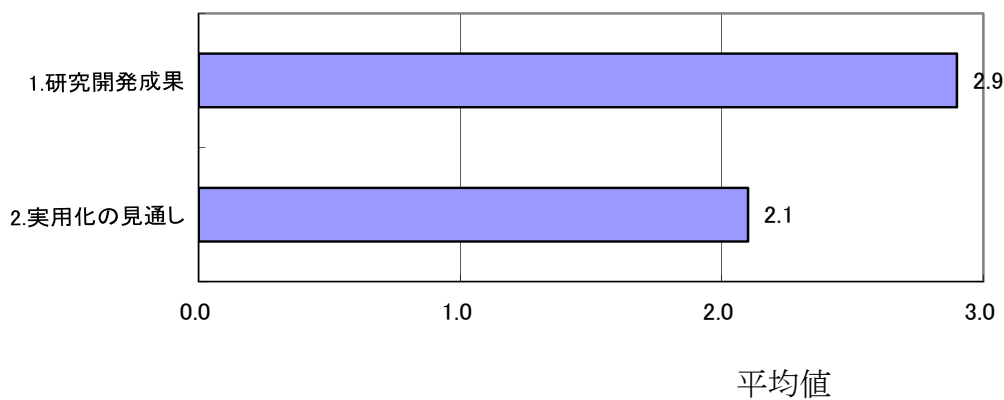
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

評点結果〔個別テーマ〕

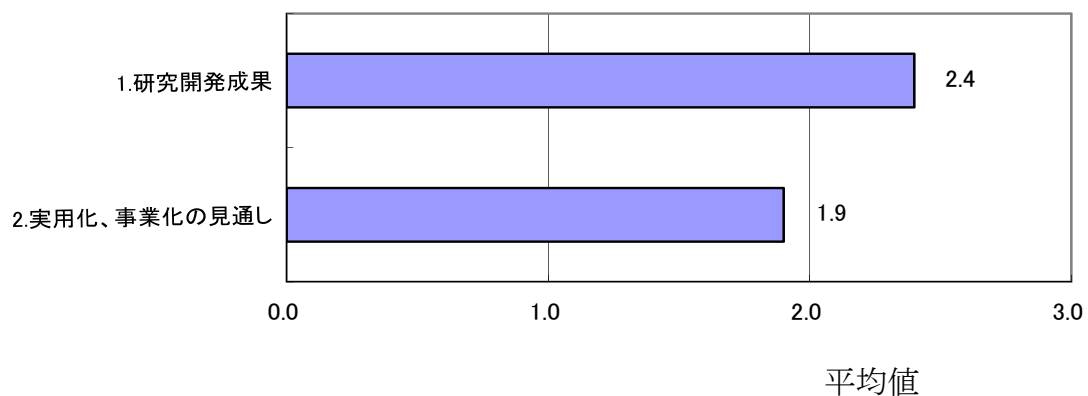
電界紡糸法における繊維高機能化、大型装置化技術の開発



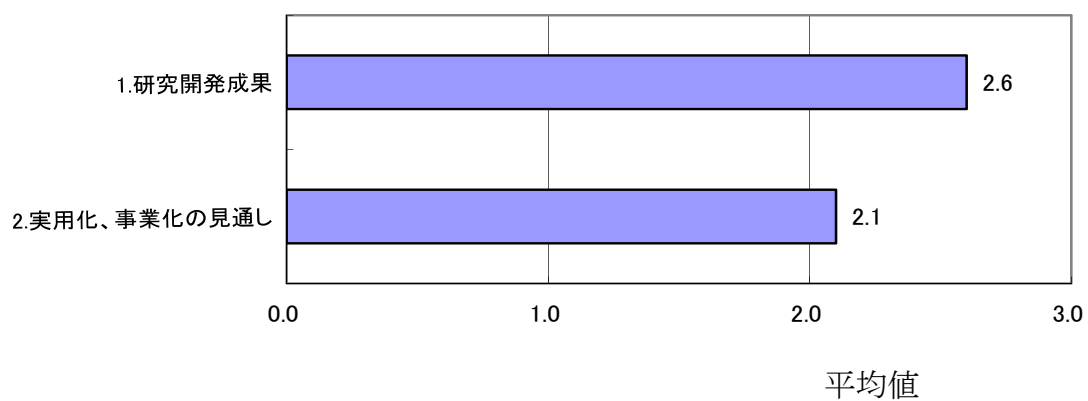
ナノ溶融分散紡糸法による炭素超極細繊維製造技術の開発



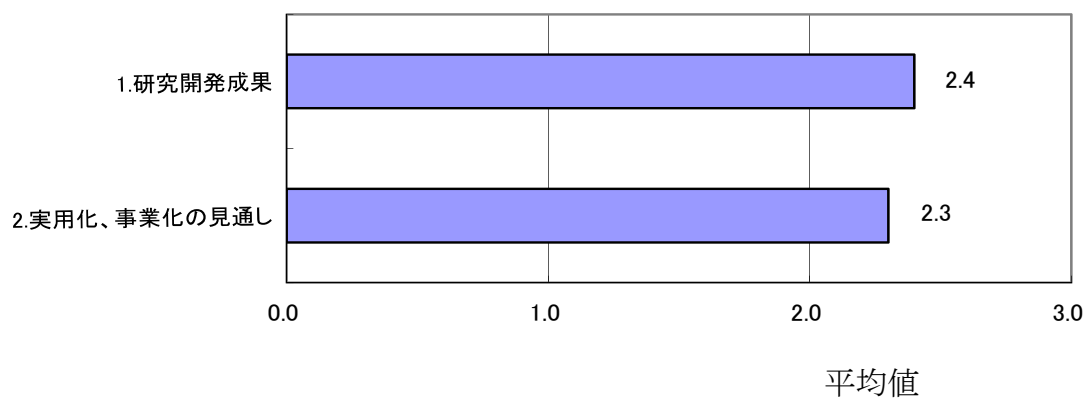
高性能、高機能電池用部材の開発



高性能、高機能フィルター用部材の開発



高性能、高機能医療衛生・産業用部材の開発



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
電界紡糸法における繊維高機能化、大型装置化技術の開発									
1. 研究開発成果について	2.9	A	A	A	A	A	B	A	
2. 実用化の見通しについて	2.4	A	A	B	B	A	C	A	
ナノ溶融分散紡糸法による炭素超極細繊維製造技術の開発									
1. 研究開発成果について	2.9	A	A	A	A	A	B	A	
2. 実用化の見通しについて	2.1	B	A	B	B	B	C	A	
高性能、高機能電池用部材の開発									
1. 研究開発成果について	2.4	B	B	B	A	A	B	A	
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.9	B	B	C	B	B	C	A	
高性能、高機能フィルター用部材の開発									
1. 研究開発成果について	2.6	A	A	B	A	A	B	B	
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.1	B	A	B	A	B	C	B	
高性能、高機能医療衛生・産業用部材の開発									
1. 研究開発成果について	2.4	B	A	B	B	A	B	A	
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.3	B	A	B	B	B	B	A	

(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