

ナノテク・部材イノベーションプログラム

「先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発」

5. プロジェクトの概要説明

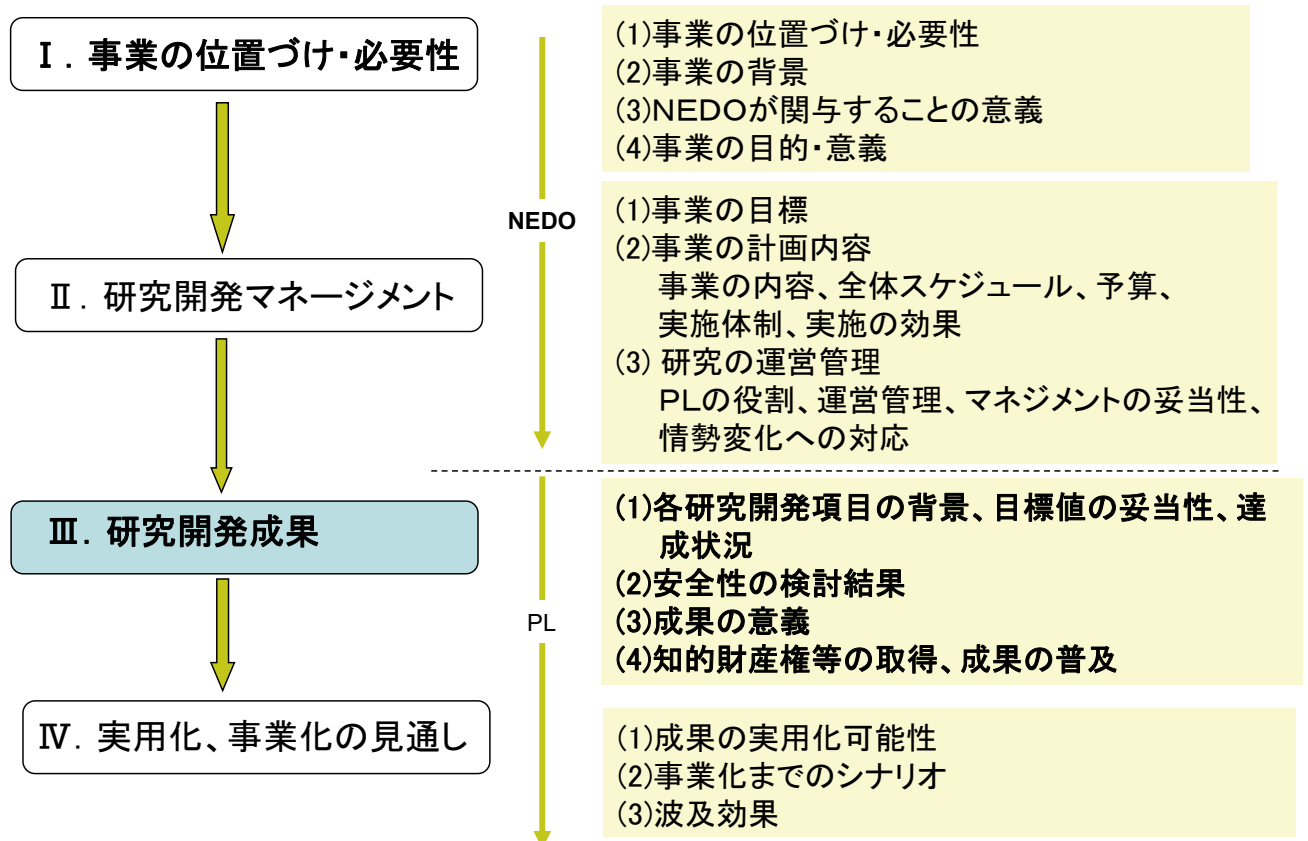
5-2 研究開発成果、実用化事業化の見通し

プロジェクトリーダー
東京工業大学大学院 理工学研究科 教授
谷岡 明彦

平成23年9月16日(金)

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
資料5-2

概要説明 報告の流れ



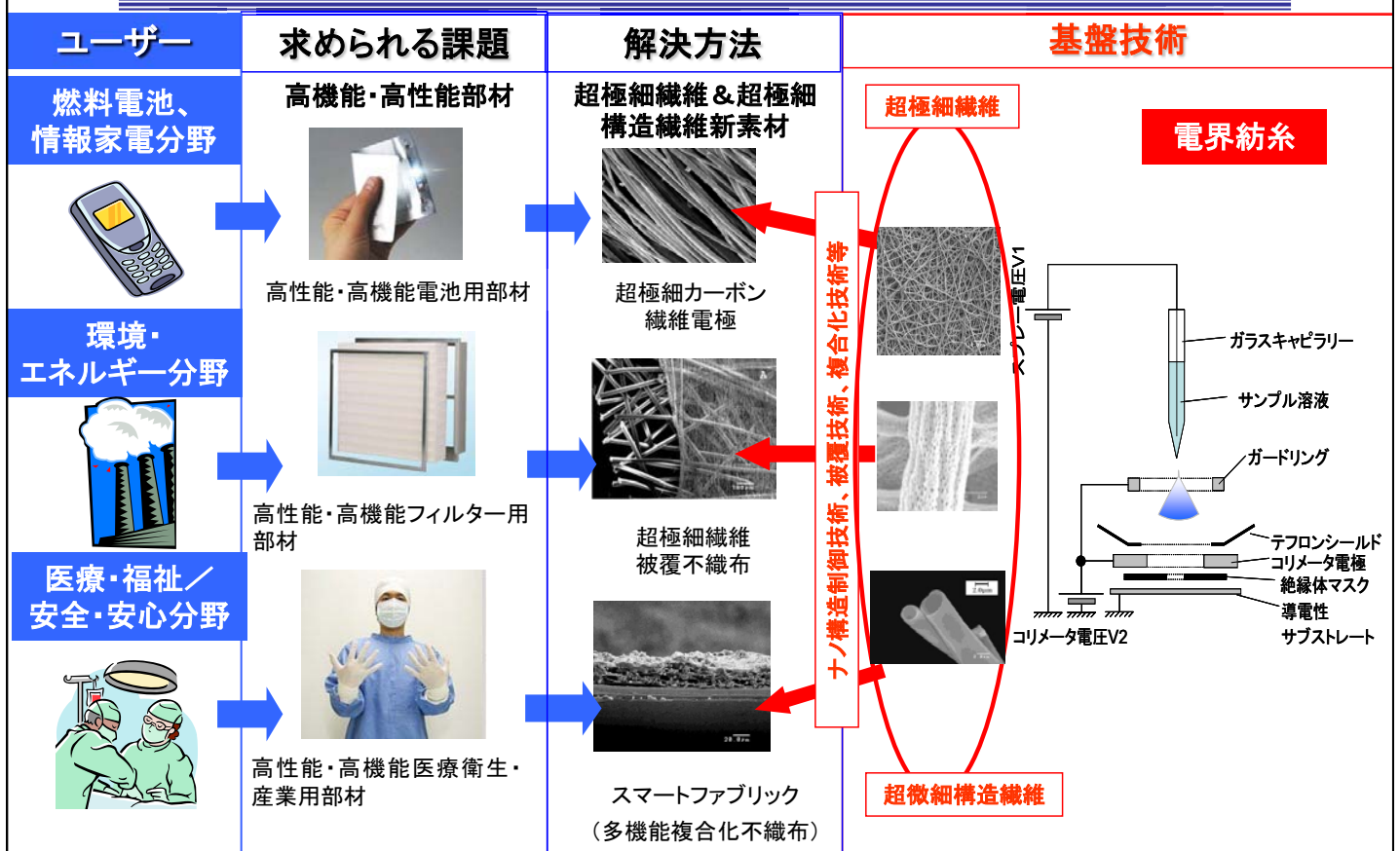
開発目標と達成状況

◎、○、×の定義

- ◎: 最終目標 達成
- : 最終目標 ほぼ達成
- △: 最終目標 未達だが、
実用化可能レベルには達成
- ×: 最終目標 未達

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」

背景



Ⅲ. 研究開発成果(開発目標の妥当性) 事業原簿 p. Ⅲ-2.1-6,13 **公開**

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」

(1)大型電界紡糸装置基盤技術の開発

検討項目	中間目標	最終目標	設定理由
ノズル性能	20 μ l/本・分(噴出速度)×20万本のノズル性能に相当	20 μ l/本・分(噴出速度)×20万本のノズル性能に相当	現在稼動している世界最大の生産装置はノズル数が約2万本から構成されている。不織布状材料の大量生産を図るには現状の10倍のノズル数に設定する必要がある。
繊維直径	100nm	50nm	現在エアフィルター用等に工業生産(メルトブロー法)されている最小繊維径は500nm程度であり、超高性能エアフィルター開発にはさらにその10分の1の繊維径が必要である。
繊維径のばらつき	50%以下	20%以下	エアフィルターにおいて圧力損失の出来るだけ低減するには繊維径のばらつきをできるだけ小さくする必要がある。海外の大型電界紡糸装置では繊維径のばらつきが100%程度であるから5分の1に設定

(2)電界紡糸法における繊維高機能化技術の開発

検討項目	中間目標	最終目標	設定理由
不織布状材料	30m/分	60m/分	超極細繊維不織布を大量生産するには最大60m/分の製造ラインが必要である。海外の大型装置では1m/分～5m/分程度である。
コーティング	150m/分	300m/分	エアフィルター用部材等の製造を行うためのコーティングでは最大300m/分の製造ラインが必要である。海外の大型装置では10m/分～50m/分程度である。
フィラメント	30m/分	60m/分	超極細繊維フィラメント製造には60m/分程度の製造ラインが必要である。海外の大型装置に実績がなく不織布状材料と同等であれば十分である。

Ⅲ. 研究開発成果(開発目標の妥当性) 事業原簿 p. Ⅲ-2.1-7,14 **公開**

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」

(1)大型電界紡糸装置基盤技術の開発

検討項目	最終目標	到達値	達成状況	内容
ノズル性能	20 μ l/本・分(噴出速度)×20万本のノズル性能に相当	20 μ l/本・分(噴出速度)×20万本のノズル性能に相当	◎	超高性能ノズル及びファイバーリング方式に改良を加えより高性能化を図った。
繊維直径	50nm	50nm	◎	溶媒の種類、溶液濃度、温度、湿度、電場等の制御をより詳細に行い細繊維化を進めることができた。
繊維径のばらつき	20%以下	20%以下	◎	溶媒の種類、溶液濃度、温度、湿度、電場等の制御をより詳細に行い繊維径のばらつきを改善することができた。

(2)電界紡糸法における繊維高機能化技術の開発

検討項目	最終目標	到達値	達成状況	内容
不織布状材料	60m/分	60m/分	◎	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をすることで高速化を行うことができた。
コーティング	300m/分	300m/分	◎	
フィラメント	60m/分	60m/分	◎	ノズル及び糸巻き取り系、電界制御系の改善を行うことで高速化を行うことができた。

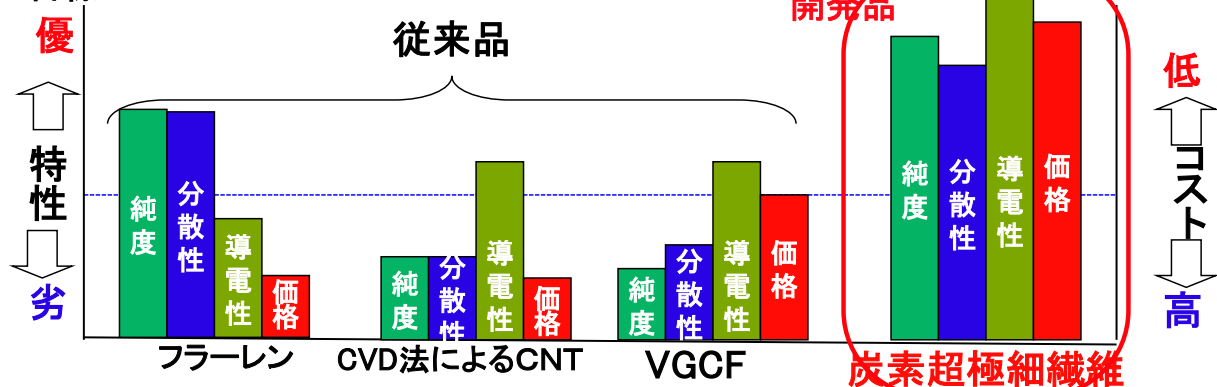
研究開発項目②「ナノ溶融分散紡糸法による炭素超極細繊維製造技術の開発」

公開

背景

ナノカーบอนは、電極材料、導電材料、蓄電材料、放熱材料等の高機能炭素材料として大きな市場が期待されている。

開発の目標



高純度で高度に配向した(高導電性の)、100nmオーダーの炭素超極細繊維や、高い比表面積を有する炭素超極細繊維の効率的な製造技術を開発する

最終目標

検討項目	最終目標
繊維径	100 nm
比表面積	1500 m ² /g
不融化時間	現状の1/10

事業原簿 p. III-2.2-1,7

Ⅲ. 研究開発成果(開発目標の妥当性)

公開

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」

項目	中間目標	最終目標	目標値の妥当性
繊維径	500nm	100nm	<ul style="list-style-type: none"> 薄型電池の電極では印刷による高容量化が求められ、超極細炭素繊維の開発が急務。 一般の溶融紡糸で作製する炭素繊維では繊維径7μ mで、特殊な方法で作っても1~2μ mが限界。 その一桁下を最終目標に設定。 中間目標は、その中間の500nmを設定した。
比表面積	300 m ² /g	1500 m ² /g	<ul style="list-style-type: none"> 一般の活性炭は賦活処理をして比表面積1000~2000 m²/gを達成。しかし、賦活処理は炭素を酸化して穴を空けるので、半分以上の炭素が消失。 中間目標は、賦活処理をしないでどこまで出来るかを調べる意味で300m²/gを設定。 最終目標はキャパシター等を想定した場合、外表面からの拡散距離が重要となり、ナノファイバーでは拡散距離を半径の50nmと短くする事で有利となることから1500 m²/gに設定。
不融化時間	現状の1/3	現状の1/10	<ul style="list-style-type: none"> 100μ m程度のブレンド繊維の中心部までを軟化点よりも低い温度で不融化するには30時間以上必要。 コスト高を解決するために、中間目標は1/3の10時間に設定。 最終目標は産業化を想定して1/10の3時間に設定。

事業原簿 p. III-2.2-7

Ⅲ. 研究開発成果

公開

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」

検討項目	最終目標	到達値	達成状況	コメント
繊維直径	100 nm	88 nm	◎	使用目的によっては太い繊維の混入が必要なこともあるが、繊維系分布の狭いCNFを作る技術が必要である
非表面積	1500 m ² /g	1550 m ² /g	◎	賦活収率の向上が必要である
不融化時間	現状の1/10	現状の1/20	◎	不融化時間は達成できたが、かさ高いCNFの焼成コストの問題が顕在化した。

◎:達成 ○:ほぼ達成 △:未達だが、実用化可能レベルには達成 ×:未達

全ての項目で目標達成！
世界最高レベルを達成！

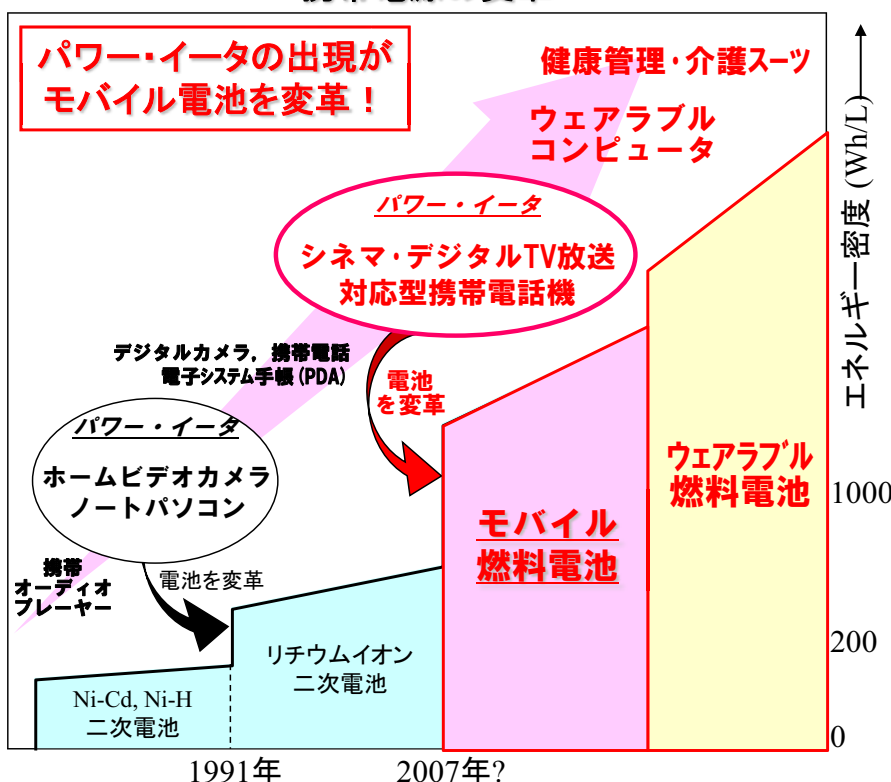
事業原簿 p. Ⅲ-2.2-9

研究開発項目③「高性能、高機能電池用部材の開発」

公開

③-(1) パッシブ型燃料電池の開発
背景

携帯電源の変革



モバイル燃料電池

次世代携帯電話機において、シネマや地上デジタルTV放送を長時間視聴可能にするには、内蔵用の小型モバイル燃料電池の開発が必須。



シネマ・デジタルTV放送
対応型次世代携帯電話機

事業原簿 p. Ⅲ-2.3.1-1

Ⅲ. 研究開発成果(開発目標の妥当性)
 研究開発項目③「高性能、高機能電池用部材の開発」
 ③-(1) パッシブ型燃料電池の開発

検討項目	中間目標	最終目標	設定理由
燃料電池出力	50 mW/cm ²	100 mW/cm ²	最終目標は現時点で 世界最高レベル に匹敵する値である。 開発したCNFbc複合電極は電池出力を1.5倍にする効果があり、パッシブ型燃料電池の大幅な小型化が可能となり、携帯機器等への搭載が容易となる。
拡散層の厚さ	120 μm	100 μm	上記目標を達成するための最適な厚みである。

事業原簿 p. Ⅲ-2.3.1-4

Ⅲ. 研究開発成果
 研究開発項目③「高性能、高機能電池用部材の開発」
 ③-(1) パッシブ型燃料電池の開発

検討項目	最終目標	到達値	達成状況	コメント
燃料電池出力	100 mW/cm ²	100 mW/cm ²	◎	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。2008年9月の中間評価にて最終目標達成の目処が立ったためプロジェクトを卒業し、独自に事業化を検討中である。
拡散層の厚さ	100 μm	113 μm	○ (達成とみなせる)	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。

◎:達成 ○:ほぼ達成 △:未達だが、実用化可能レベルには達成 ×:未達

事業原簿 p. Ⅲ-2.3.1-4

研究開発項目③「高性能、高機能電池用部材の開発」

公開

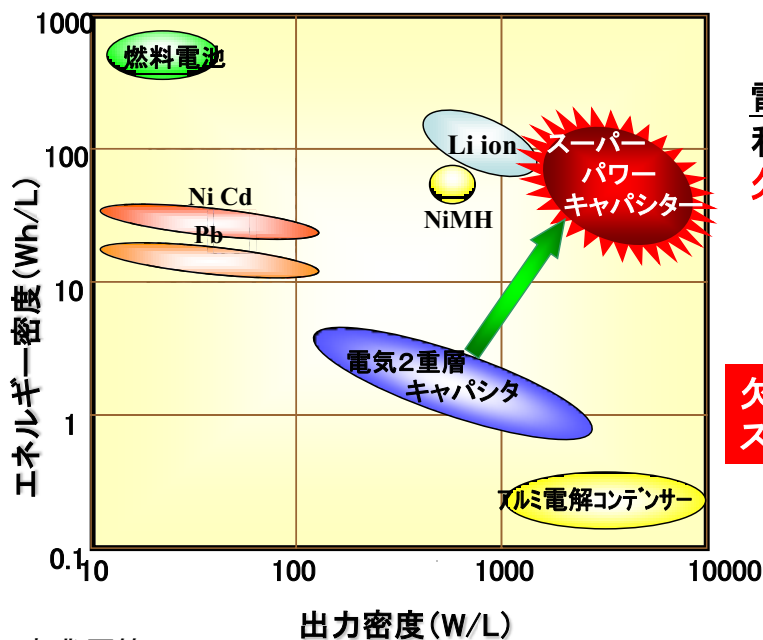
③-(2) 小型蓄電池の開発
背景

市場ニーズ

環境配慮型社会 : HEV・FCEV
ユビキタス社会 : 高性能携帯機器

先進的蓄電部材

瞬発力、持続力、高出力、
高エネルギー密度、安全性...



電気二重層キャパシタ

利点: 瞬発力、長寿命(充放電特性)
欠点: 低エネルギー密度、高コスト

欠点を解消した
スーパーパワーキャパシタが不可欠

事業原簿 p. III-2.3.2-1

Ⅲ. 研究開発成果(開発目標の妥当性)

公開

研究開発項目③「高性能、高機能電池用部材の開発」

③-(2) 小型蓄電池の開発

検討項目	中間目標	最終目標	設定理由
エネルギー密度	20 Wh/L	200 Wh/L	現在提案されているうちで最高性能レベルの電気二重層キャパシタと比べ、約5倍の値である。また、電極材料のコストは、炭素超極細繊維を用いると、最高性能レベルの電気二重層キャパシタに用いられている電極材料の1/2となることが期待される。その結果、電気容量当たりのコストが既存技術に比べて大幅に低減できる。
出力密度	5 kW/L	10 kW/L	現在提案されているうちで最高性能レベルの電気二重層キャパシタと比べほぼ同等の値である。エネルギー密度を重視したことから出力密度は現実的な値とした。

事業原簿 p. III-2.3.2-4

Ⅲ. 研究開発成果
 研究開発項目③「高性能、高機能電池用部材の開発」
 ③-(2) 小型蓄電池の開発

検討項目	最終目標	到達値	達成状況	内容
エネルギー密度	200 Wh/L	100 Wh/L	△	賦活化した炭素超極細繊維と易黒鉛化性炭素の粉碎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、エネルギー密度を向上させることができた。
出力密度	10 kW/L	>10 kW/L	◎	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。

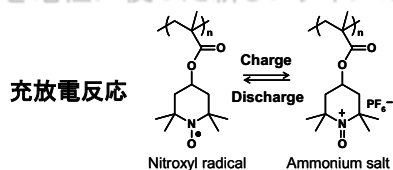
◎:達成 ○:ほぼ達成 △:未達だが、実用化可能レベルには達成 ×:未達

➤更なる高エネルギー密度化には、リチウムイオン二次電池の正極活物質との複合化により、高い出力密度を保持した状態で、高エネルギー密度化を達成することができるか、検討を進める。

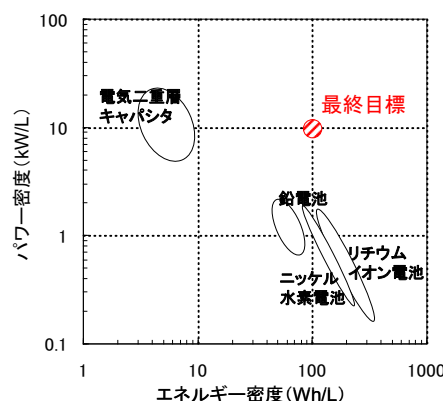
事業原簿 p. Ⅲ-2.3.2-5

研究開発項目③「高性能、高機能電池用部材の開発」
 ③-(3) 薄型電池の開発
 背景

有機ラジカル電池 (2001年に日本電気が提案した新電池)
 蓄電性プラスチックを電極に使った新しいタイプの二次電池

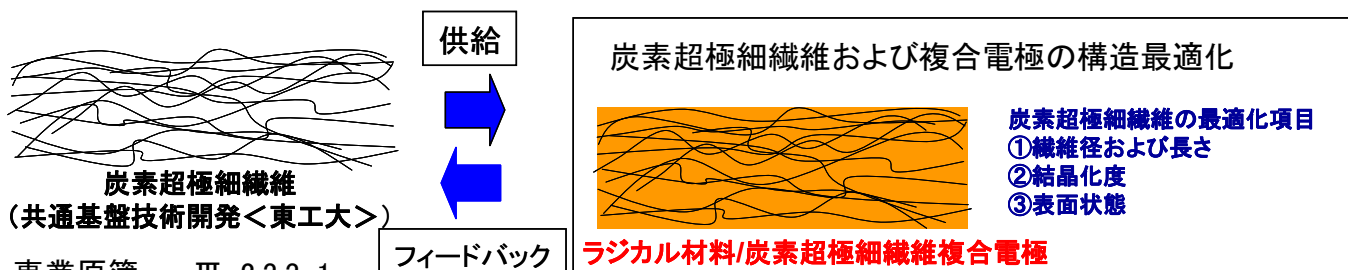


- ✓薄型フレキシブル: 柔軟なプラスチック材料を用いた電極
- ✓二次電池: 充電することで、繰り返し使用可能 (3.5V 動作)



本研究の目的: 炭素超極細繊維との複合化による
 高パワー密度、高エネルギー密度電池の実現

炭素繊維の役割: 電極における導電付与剤 (ラジカルへの電子の受け渡し役)
 → 炭素超極細繊維により内部抵抗の低減、ラジカル利用率を向上



事業原簿 p. Ⅲ-2.3.3-1

Ⅲ. 研究開発成果(開発目標の妥当性)
 研究開発項目③「高性能、高機能電池用部材の開発」
 ③-(3) 薄型電池の開発

事業原簿
 p. Ⅲ-2.3.3-1

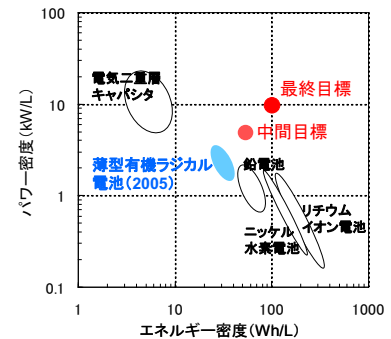
検討項目	中間目標	最終目標	設定理由
厚さ	0.3 mm	0.2 mm	規格サイズ(0.76mm厚)のICカードに内蔵可能な薄さ→厚さ 0.2 mm
パワー密度	5 kW/L	10 kW/L	30秒でほぼフル充電、10秒で3割程度充電が可能 → パワー 0.2 W
エネルギー密度	50 Wh/L	100 Wh/L	数日間の信号発信(約5万回以上)が可能→出力 2 mWh

* 電極面積1cm×1cmを想定

● 他の薄型エネルギーデバイスとの比較

薄型エネルギーデバイス	一次or二次	薄さ	パワー	エネルギー
薄型Mn一次電池(市販)	一次	○ 0.5mm	× <1kW/L	△ 50Wh/L
薄型Li一次電池(市販)	一次	○ 0.4mm	× <1kW/L	◎ 150Wh/L
薄型二重層キャパシタ(開発中)	二次	× 1.9mm	◎ 25kW/L	× <1.0 Wh/L
薄型有機ラジカル電池(本研究開発)	二次	◎ 0.2mm	○ 10kW/L	○ 100Wh/L

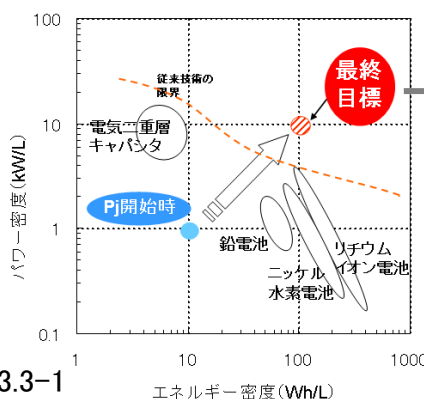
● 他のエネルギーデバイスとの比較



Ⅲ. 研究開発成果
 研究開発項目③「高性能、高機能電池用部材の開発」
 ③-(3) 薄型電池の開発

検討項目	最終目標	到達値	達成状況	コメント
厚さ	0.2 mm	0.15 mm	◎	電極の圧縮による 薄型化
パワー密度	10 kW/L	12.3 kW/L	◎	炭素超極細繊維の細繊維化および新構造(綿花構造)により パワー密度向上
エネルギー密度	100 Wh/L	116 Wh/L	◎	炭素超極細繊維の細繊維化および新構造によるラジカル使用効率の向上および電極圧縮により エネルギー密度向上

◎:達成 ○:ほぼ達成 △:未達だが、実用化可能レベルには達成 ×:未達



ICカードなどの薄型**ユビキタス**デバイスに適用

研究開発項目④「高性能、高機能フィルター用部材の開発」

公開

④-(1) 超超純水製造プロセスフィルターの開発

背景

次世代半導体、MEMS、FPD等ナノデバイス製造プロセスの洗浄に用いる**超高純度超純水製造プロセス用**。特に微量特定物質除去。

＜従来技術では除去できない物質＞

イオン交換樹脂からの有機物、尿素様物質

従来技術 ⇒ 1ppb以下

(技術なし) ⇒ 0.1ppb以下への挑戦

重金属イオン(Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn)

従来技術 ⇒ 0.1ppt以下

次世代・次々世代 ⇒ 0.01ppt以下

無機物系イオン(ホウ素等)

従来システム(RO膜、イオン交換樹脂)では除去が不十分。

開発中 ⇒ 0.1ppt以下

将来の未知物質

さらなる超高純度化では、使用母材からの溶出防止が課題。

従来素材はいずれも溶出の問題があり、抜本的な母材の見直しが必要。

事業原簿 p. III-2.4.1-1

従来技術の問題点



イオン交換繊維

交換容量不足
母材の分解



活性炭

特異性なし
(微量ホウ素、尿素を吸着できず)
吸着量不足



逆浸透膜

エネルギー消費大

Ⅲ. 研究開発成果(開発目標の妥当性)

公開

研究開発項目④「高性能、高機能フィルター用部材の開発」

④-(1) 超超純水製造プロセスフィルターの開発

項目	中間目標	最終目標	設定理由
有機物除去 TOC濃度として	1ppb以下	0.1ppb以下	紫外線分解装置、逆浸透膜(RO膜)、限外ろ過膜(UF膜)等を組み合わせた現在の最高水質は0.1ppb前後である。本プロジェクトの到達目標水質は現状技術レベルと同等だが、有機物除去プロセスを大幅に簡素化できるものであり、フィルターによる除去として 世界初 を実現する目標である。
金属類除去	0.05ppt以下	0.01ppt以下	逆浸透膜(RO膜)、限外ろ過膜(UF膜)、イオン交換樹脂装置等を組み合わせたの最高水質は0.05ppt~0.1pptである。本プロジェクトでの到達目標水質は 世界最高水準 である。
金属除去 能力の寿命	—	寿命1年	イオンフィルターの寿命は3ヶ月であり、本プロジェクトでの到達目標は、 世界最高水準 を実現する目標である。

* TOC濃度換算: 全有機炭素濃度

事業原簿 p. III-2.4.1-4

Ⅲ. 研究開発成果

公開

研究開発項目④「高性能、高機能フィルター用部材の開発」

④-(1) 超超純水製造プロセスフィルターの開発

項目	最終目標	到達値	達成状況	コメント
有機物除去 TOC濃度として	0.1ppb以下	0.1ppb (システム完成時見通し)	○	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0.1ppb以下を達成できる見通しを得た。 世界初。
金属類除去	0.01ppt以下	0.01ppt	◎	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。 世界最高水準。
金属除去能力の寿命	寿命1年	寿命1年 (加速試験からの推定値)	○	加速試験からの推定値として、寿命1年であることを確認した。 世界最高水準。

◎:達成 ○:ほぼ達成 △:未達だが、実用化可能レベルには達成 ×:未達

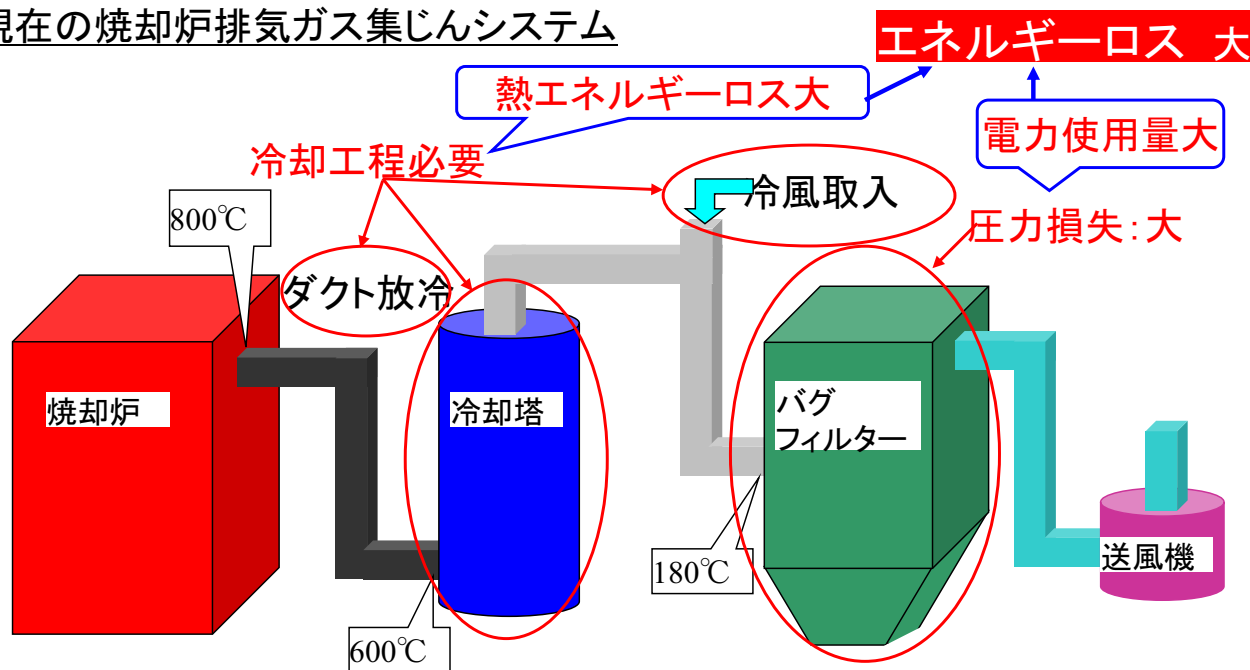
事業原簿 p. Ⅲ-2.4.1-5

研究開発項目④「高性能、高機能フィルター用部材の開発」

公開

④-(2) 超耐熱性無機フィルターの開発
背景

現在の焼却炉排気ガス集じんシステム

省エネルギー
環境問題フィルターへのニーズ
高捕集効率&低圧力損失
超耐熱性

事業原簿 p. Ⅲ-2.4.2-1

Ⅲ. 研究開発成果(開発目標の妥当性)
 研究開発項目④「高性能、高機能フィルター用部材の開発」
 ④-(2) 超耐熱性無機フィルターの開発

検討項目	中間目標	最終目標	設定理由
耐熱性	800 °C	1000 °C	焼却炉排気ガスの冷却工程不要
0.1µm粒子捕集効率	>90 %	>90 %	焼却炉排気ガス処理の基準値をクリア
初期圧力損失	<180 Pa	<120 Pa	既存の水準では、耐熱性を有し、0.1µm粒子が90%捕集可能なフィルターでは、初期圧力損失が250Paである。上記目標の圧力損失を達成する為には、フィルターに用いる無機繊維の繊維径を微細かつ柔軟性を持たせる事が必要である。そこで、上記目標の無機超極細繊維を開発する。この無機超極細繊維により上記目標の値が達成されると、初期圧力損失が現状対比半減でき、使用電力量が約40%削減できる。中間目標値は現状と最終目標値の中間である180Paとした。
超極細繊維繊維径	<500 nm	<500 nm	500nm以下であるとサブミクロン粒子の捕捉が可能

事業原簿 p. Ⅲ-2.4.2-5

Ⅲ. 研究開発成果
 研究開発項目④「高性能、高機能フィルター用部材の開発」
 ④-(2) 超耐熱性無機フィルターの開発

検討項目	最終目標	到達値	達成状況	コメント
耐熱性	1000 °C	1000 °C	◎	室温及び1000°C加熱後の性能差を確認し、1000°Cにおいても捕集効率目標値を維持できる無機超極細繊維の目付量を見出した。
0.1µm粒子捕集効率	>90 %	>99 %	◎	保護基材を無機繊維不織布に変更し、無機超極細繊維の目付量を最適化して、目標値を達成することができた。
初期圧力損失	<120 Pa	<100 Pa	◎	無機超極細繊維の微細化を検討し、300nm～100nmとすることに成功した。この無機超極細繊維で抄紙シートを作製し、最終目標値を満足していることを確認した。
超極細繊維繊維径	<500 nm	<300 nm	◎	無機超極細繊維の微細化を検討し、300nm～100nmとすることに成功した。

◎:達成 ○:ほぼ達成 △:未達だが、実用化可能レベルには達成 ×:未達

事業原簿 p. Ⅲ-2.4.2-6

研究開発項目④「高性能、高機能フィルター用部材の開発」

公開

④-(3) 耐熱性有機フィルターの開発

背景

省エネ・環境問題に関心が高まりを背景として、
フィルター分野においては、

高捕集効率かつ低圧力損失の部材、環境に配慮した廃棄処理方法
が求められている。

しかし現行のガラス繊維・合成繊維は焼却処理性や圧力損失で劣る。

対象	従来技術	問題点	本事業の 技術的アプローチ	特徴
・ガラス繊維を用いたろ材	・抄紙	・高圧力損失 ・埋立廃棄 ・繊維再飛散	電界紡糸法により成形された、耐熱有機超極細繊維の利用	・高耐熱性 ・省エネルギー 低圧力損失 軽量コンパクト化 ・高捕集効率 ・環境配慮 燃焼による廃棄可
・汎用合成高分子を用いたろ材	・スパンレース ・メルトブロー	・低捕集効率 ・耐熱性		

事業原簿 p. III-2.4.3-1

Ⅲ. 研究開発成果(開発目標の妥当性)

公開

研究開発項目④「高性能、高機能フィルター用部材の開発」

④-(3) 耐熱性有機フィルターの開発

検討項目	中間目標	最終目標	設定理由
超極細繊維の成形	直径100nm以下の繊維を安定的に紡糸	直径100nm以下	従来の耐熱繊維であるガラス繊維の繊維径は最小で300nm程度であり、目標値は、スリップフロー効果による低圧損失が可能と判断出来る100nm以下にした。
フィルター性能	捕集効率 0.1μm粒子 90%以上 初期圧力損失 180Pa以下	捕集効率 0.1μm粒子 99%以上 初期圧力損失 120Pa以下	捕集が最も困難な0.1μm粒子において、捕集効率は従来品と同等レベルとし、初期圧力損失を従来の250Pa程度から1/2倍以下である120Paを目標とした。これにより、動力コストを約40%削減可能で、環境に優しい省エネ対応が可能となる。
耐熱性	300℃	400℃	従来の合成繊維の耐熱性は200℃程度のため、目標値は使用温度領域が約2倍になる400℃とした。また、従来の無機繊維からなる耐熱繊維と比較しても、焼却可能であるため、埋立等の環境問題も解決可能になる。

事業原簿 p. III-2.4.3-3

Ⅲ. 研究開発成果

公開

研究開発項目④「高性能、高機能フィルター用部材の開発」

④-(3) 耐熱性有機フィルターの開発

検討項目	最終目標	到達値	達成状況	コメント
超極細繊維の成形	直径100nm以下	直径60nm	◎	今後の課題としては、長尺ろ材の開発がある
フィルター性能	捕集効率 0.1μm粒子を 99%以上 初期圧力損失 120Pa以下	・捕集効率 ろ材: 99.99% ユニットフィルター: 99.8% ・初期圧力損失 ろ材: 100Pa ユニットフィルター: 120Pa	◎	ユニットフィルターでの更なる性能向上が可能と考える。
耐熱性	400℃ (重量減量率 5%以下)	400℃ 重量減量率3%	◎	耐熱性に起因する因子の抽出、耐熱性向上検討を実施

◎:達成 ○:ほぼ達成 △:未達だが、実用化可能レベルには達成 ×:未達

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」

⑤-(1) スーパークリーンルーム用部材の開発

背景

公開

クリーンルーム用エアフィルタの課題

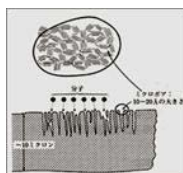
高捕集効率かつ低圧力損失(省エネ)のフィルタ材料が求められている

当社の保有基盤技術

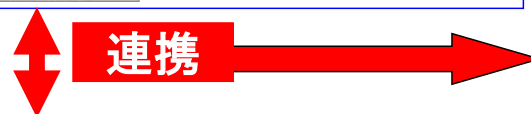
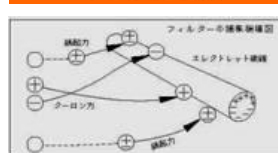
高性能ポリマー



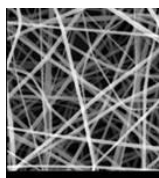
賦活化技術



エレクトレット化技術



共通基盤技術



超極細繊維製造技術

東工大・パナソニックファクトリーソリューションズ*



電界紡糸装置技術

(技術開発)クリーンルーム用部材として、世界No.1技術を確立する。

- ① 耐久性と吸着性能を有する超極細繊維
- ② 吸着面積↑↑(アウトガスや不純物吸着)

Ⅲ. 研究開発成果(開発目標の妥当性)

公開

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」
⑤-(1) スーパークリーンルーム用部材の開発

	中間目標	最終目標	現行品		設定理由
			高性能	HEPA	
初期 圧損	180 Pa以下	130 Pa以下	170	245	ULPAフィルタ(面積600mm×1200mm)の圧力損失50%以下が達成できた場合、 <u>省電力化がフィルタ1枚当たり約330kWh/年が見込まれ、電力量低減が実現し省エネルギーのニーズにマッチする。</u> 全国ULPAフィルタ20万枚を置き換えた場合、約1600万L/年の石油消費削減と約1.2t-C/年のCO2排出量削減が可能となり <u>環境考慮型製品の社会ニーズにマッチする。</u>
捕集 効率	99.97 % 以上	99.97 % 以上	90	99.97	捕集効率は現行品以上とした。

事業原簿 p. Ⅲ-2.5.1-4

Ⅲ. 研究開発成果

公開

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」
⑤-(1) スーパークリーンルーム用部材の開発

	最終目標	到達値	達成状況	コメント
初期 圧損	130 Pa以下	120 Pa	◎	今後の課題としては下記のようなものが挙げられる。 ・量産品高品位化の方策展開: 繊維径100nmφ以下対応へのプロセス改良と製品安定化 ・ユーザー求評と試験販売: 省エネ性能とコスト優位性両立の確認。
捕集 効率	99.97% 以上	99.97% 以上	◎	

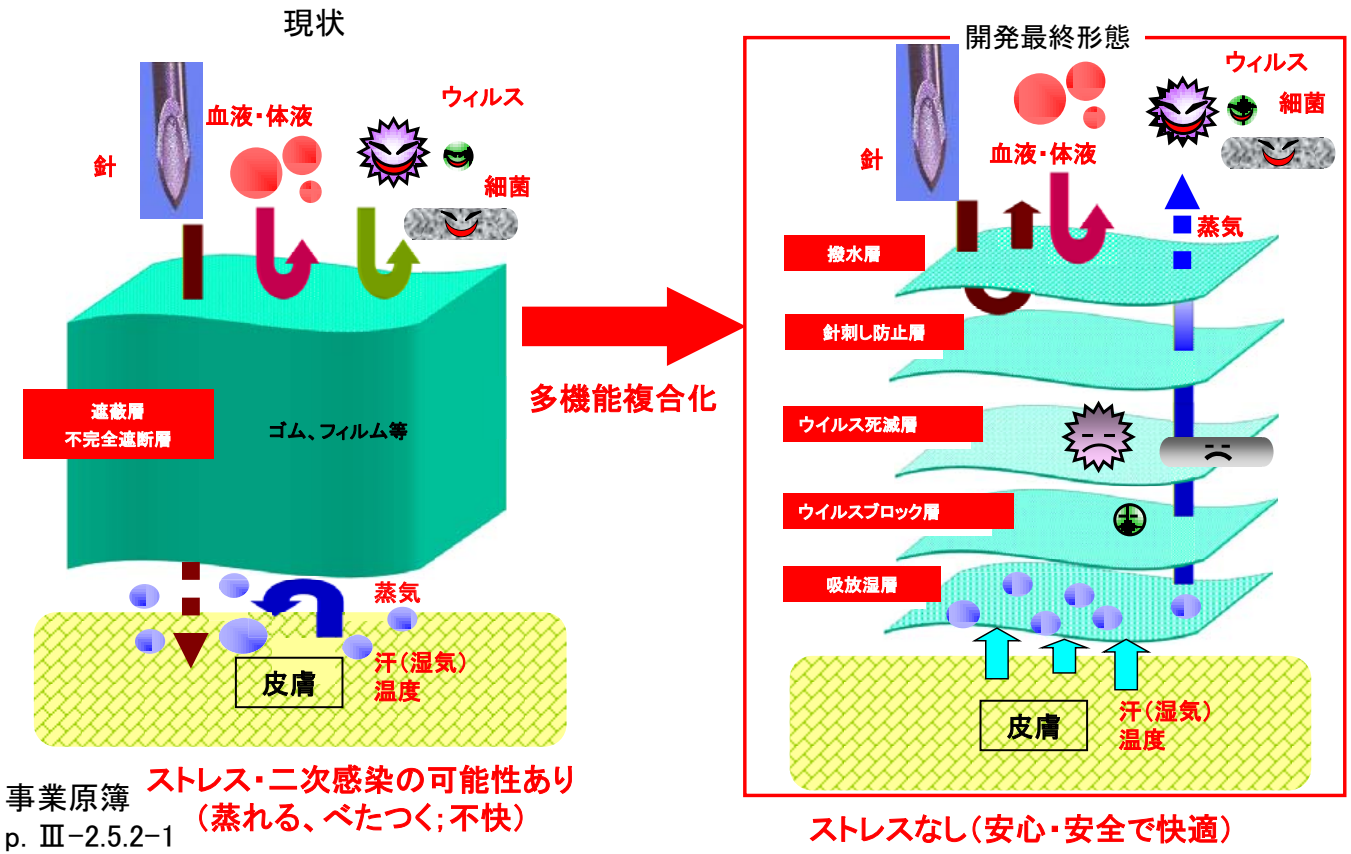
◎:達成 ○:ほぼ達成 △:未達だが、実用化可能レベルには達成 ×:未達

事業原簿 p. Ⅲ-2.5.1-4

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」
⑤-(2) ヒューマンインターフェース医療衛生部材の開発

公開

背景



Ⅲ. 研究開発成果(開発目標の妥当性)

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」
⑤-(2) ヒューマンインターフェース医療衛生部材の開発

公開

事業原簿 p. III-2.5.2-7

検討項目	中間目標	最終目標	設定理由
① ウイルス完全除去部材	細孔径30nm	細孔径10nm	病原性ウイルスの大きさは30nm以上であり、物理的に遮断するための目標値を10nmとした。
② 平面型血液進入防止部材	接触角130°	接触角150°	現状の一般的な撥水性樹脂部材は接触角130°程度であり、これを上回る超撥水レベルのナノ構造を目標とした。
③ 平面型着用快適性部材	透湿性 18,000ml/24hrs/m ² (綿と同等)	透湿性 20,000ml/24hrs/m ²	綿は衣料として用いられる代表的な素材であり、綿の透湿性を中間目標とした。最終目標は超極細繊維構の素材と構造の最適化および他素材との組み合わせを研究開発することにより、綿を超える透湿性を実現する。
④ 平面型針刺し防止部材	0.5mmφの針が刺さらないこと	0.08mmφの針が刺さらないこと	現在最もよく使用されている針のサイズは0.5mmφであり、中間目標はこのサイズの針が刺さらないことを目標とした。最終目標は針刺し時における痛み軽減の開発動向を考慮し、0.08mmφ(世界最小)が刺さらないとし、さらに立体成型によるフィット性向上を図る。
⑤ 平面型抗菌・消臭部材	抗菌性超極細繊維部材の開発	抗菌・消臭性超極細繊維部材の開発	医療現場での細菌による感染を防ぐために抗菌性が不可欠である。
⑥ 立体成型部材	球状や円錐状の立体対象物へ超極細繊維を均一に吹き付ける	一体化成型技術の確立	縫製による欠陥(大きな細孔)や部材の強度減を防ぐ及び、二次加工(縫製等での立体加工)のコストを削減するため。

Ⅲ. 研究開発成果

事業原簿 p. Ⅲ-2.5.2-8

公開

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」

⑤-(2) ヒューマンインターフェース医療衛生部材の開発

検討項目	最終目標	達成値	達成度	コメント
① ウイルス完全除去部材	細孔径10nm	粒子径60nmを99%捕集	○	米国マスク規格N99(ウイルス様粒子を99%捕集し通気抵抗245Pa以下)を達成。 課題であったナノサイズ飛沫の問題も克服した。
② 平面型血液進入防止部材	接触角150°	接触角150°	◎	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。
③ 平面型着用快適性部材	透湿性 20,000ml/24hrs/m ²	透湿性 21,100ml/24hrs/m ²	◎	高透湿性と防風性を兼ね備えながら、高伸縮性が高い複合性能部材を開発。 新たな衣料部材を創造する。
④ 平面型針刺し防止部材	0.08mmφの針が刺さらないこと	0.2mmφ(市販世界最小径)の針が刺さらない	○	針刺し抵抗値の向上により市販世界最小径0.2mmφの針刺し防止が可能となる。最終目標の0.08mmφ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。
⑤ 平面型抗菌・消臭部材	抗菌・消臭性超極細繊維部材の開発	超極細繊維の高い抗菌活性を発見	◎	超極細繊維には抗菌作用があることを世界で初めて発見。積層生地にしても抗菌性があることを確認。加えて、ウイルス保持効果があることも確認した。更に、消臭効果のあるフレキシブルなカーボンナノファイバー不織布を開発。
⑥ 立体成型部材	一体化成型技術の確立 複合化技術の確立	・引張強度を向上させ張り合わせによる手袋試作 ・湾曲面への直接紡糸技術を確立 ・既存生地との複合化	◎	手袋のような複雑な形状への対応は出来なかったものの、円筒形等の湾曲面への直接紡糸技術を確立。また、既存生地とナノファイバーの複合化方法を確立した。

◎:達成 ○:ほぼ達成 △:未達だが、実用化可能レベルには達成 ×:未達

Ⅲ. 研究開発成果(安全性の検討結果)

事業原簿 p. Ⅲ-3

公開

(1) ポリビニルアルコール(PVA) ナノファイバーを用いたラットの単回経口投与毒性試験

・急性毒性の症状は認められなかった。

(2) 平均繊維長の異なる繊維のラット単回気管内投与試験

・本試験条件下では肺に対するPMMAの局所刺激性に繊維長は関係しないことが明らかになった。

(3) 平均繊維長の異なる繊維のラット単回気管内投与試験

・PMMAは繊維長に関わらず肺への局所刺激性が低いと考えられる。

(4) アスペクト比(繊維長/繊維径)が50以上のポリアクリロニトリル極細繊維のラット単回気管内投与試験

・PANは単回気管内投与によって投与1日後をピークとする肺への局所炎症反応を示すが、投与3日後までには回復することが明らかになった。

(5) アスペクト比(繊維長/繊維径)が50以上のポリアクリロニトリル超極細繊維のラット7日間反復気管内投与試験

・PANは7日間反復気管内投与によって少なくとも、投与終了後56日まで肺葉に滞留していることが明らかになった。

(6) ある繊維系分布をもつカーボンナノファイバー(CNF)のラット単回気管内投与試験①

・投与後7日後まで症状は回復するがCNFは完全に排出されず一部滞留することが明らかになった。

(7) ある繊維系分布をもつカーボンナノファイバー(CNF)のラット単回気管内投与試験②

・CNFは単回気管内投与によって投与後第28日以降、炎症反応は消失していくが、投与後第90日まで肺葉に滞留していることが明らかになった。

Ⅲ. 研究開発成果(成果の意義)

研究開発項目	名称	成果の意義
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」	世界最高水準である高生産性、高い装置安全性、低ランニングコストである大型電界紡糸装置を開発し、先端機能発現型新構造繊維部材の応用が大きく展開した。
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」	世界最高水準の結晶性を有するカーボンナノファイバーが得られ小型蓄電池や薄型電池の開発が著しく進んだ。
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	本プロジェクトで開発したカーボンナノファイバーを用いた拡散層により、高出力密度で小型化可能なパッシブ型DMFCの開発が加速できる。
(2)	小型蓄電池の開発	全く新しいコンセプトの超高性能ハイブリッドキャパシタにより低コスト化が可能となり、キャパシタ市場拡大する。
(3)	薄型電池の開発	薄型電池内蔵高機能カードの市場が展開され関連サービス市場が拡大すると共に、ラジカル材料の電子デバイスへの展開やプリンタブルエレクトロニクスへの展開が可能となる。
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	世界最高水準の有機物と金属除去性能を有するフィルターを開発し超超純水製造装置販売及び装置メンテナンス事業が大きく展開する。
(2)	超耐熱性無機フィルターの開発	世界最高水準の耐熱性を有し捕集性、圧力損失、柔軟性に優れたフィルターにより高温空気清浄市場へ大きく展開できる。
(3)	耐熱性有機フィルターの開発	従来の材料・フィルターシステムでは困難であった圧力損失を低減でき、焼却可能な耐熱性フィルターとして大きく市場展開が可能となった。
⑤	「高性能、高機能医療衛生・産業用部材の開発」	
(1)	スーパークリーンルーム用部材の開発	コストパフォーマンスで世界最高レベルのフィルタ部材が提供できる可能性を見出しクリーンルームへの展開が可能となった。
(2)	ヒューマンインターフェース医療衛生部材の開発	医療・衛生部材のみならず、新しいタイプのインナーウエアやスポーツウエアとして市場の展開が可能となった。

Ⅲ. 研究開発成果(知的財産権等の取得、成果の普及)

特許出願件数・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・251件

(電界紡糸グループ:188件、 ナノ溶融分散紡糸グループ:63件)

(内PCT出願24件＝電界紡糸G:16件、ナノ溶融分散紡糸G:8件)

新聞等発表・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・64件

雑誌発表・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3件

展示会・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・9件

(Nanotech 2008-2011 NEDOブース等)

論文・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・18件

(NEDO講座:16件、プロジェクト:2件)

学会発表・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・94件

(NEDO講座:74件、プロジェクト:20件)

Ⅲ. 研究開発成果(知的財産権等の取得、成果の普及)

Tech-on! 2008年2月15日/日経BP社の許可を得て転載
<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20080215/147524/>



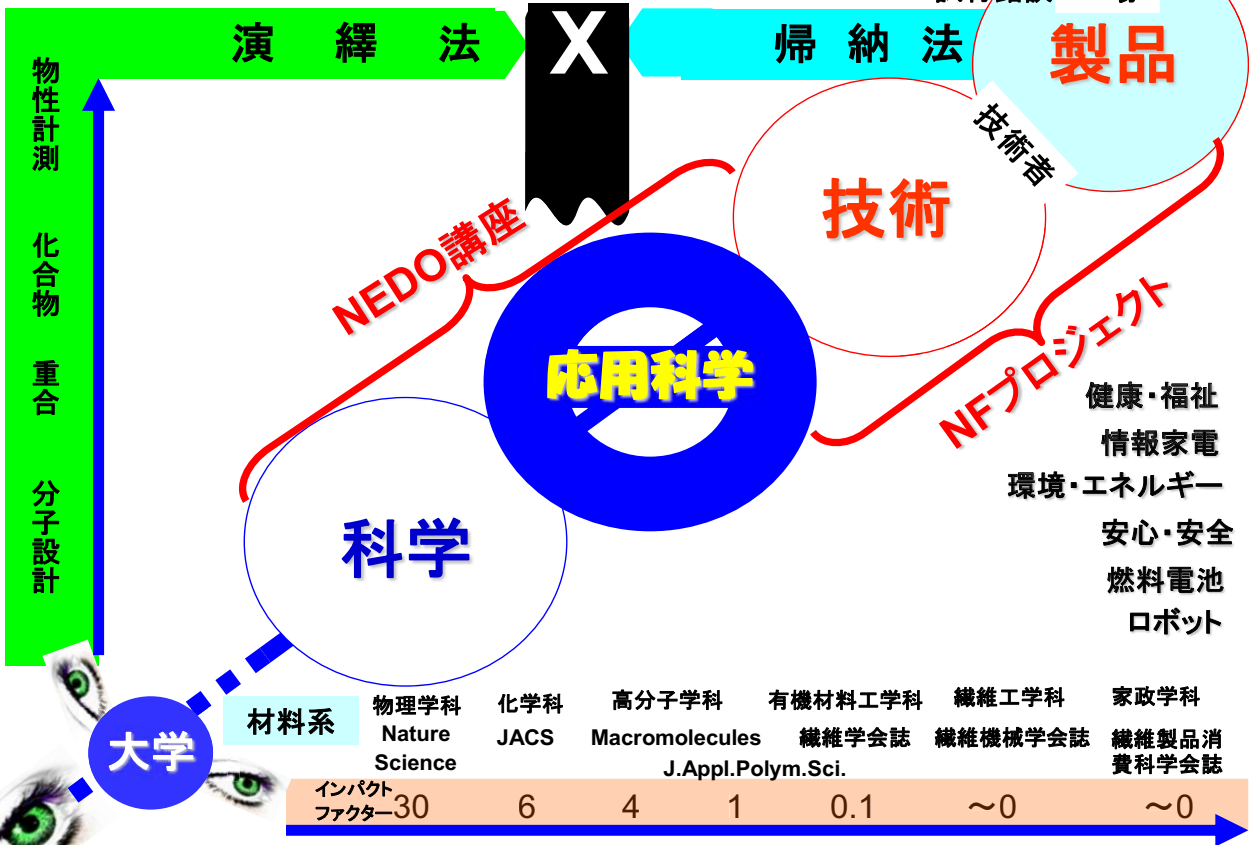
各年それぞれ3日間で500社を超える企業が来訪した。
 集中研作成のナノファイバーに大きな関心を持っていることが伺える。

東工大NEDO特別講座<ナノファイバーイノベーション創出> 事業原簿 p. Ⅲ-2.1-57

~「科学」と「技術」、「現在」と「未来」、「ナノファイバー」と「異分野」のネジ止め~



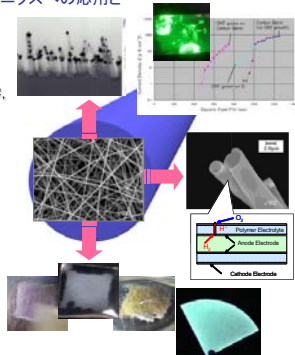
東工大NEDO特別講座の役割



事業原簿 p. III-2.1-56

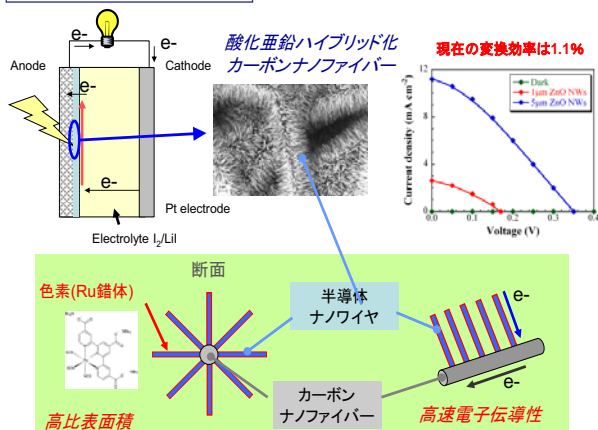
I. 周辺研究

- ★ナノファイバーのフォトニクス・エレクトロニクスへの応用と電界紡糸法の新展開
- ★世界をリードする研究者育成
- 特任准教授 松本 英俊
- 〈専門〉 ナノファイバー材料, 界面物理化学, 電池材料, 分離材料
- ナノファイバーの表面機能化
- ナノファイバー電池材料
- ナノファイバー触媒
- ナノファイバー撥水・親水材料
- 特任助教 坪井 一真
- 〈専門〉 ナノ光学材料, レーザー光学, バイオセンサー
- ナノファイバー光学材料
- ナノファイバー光増感材料
- ナノファイバー光学デバイス
- ナノファイバーバイオセンサー



分野融合研究によるナノファイバーイノベーションの創出

色素増感太陽電池への応用



東工大ナノファイバーイノベーション創出NEDO特別講座

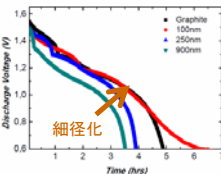
フレキシブルバッテリーへの応用

フレキシブルマンガン電池(1次電池)

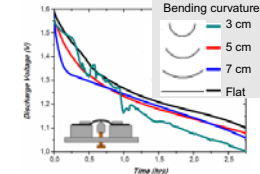


- 細径化に伴う電気伝導性及び比表面積の向上により電荷捕集効率が向上.
- 電池は曲げた状態でも性能を維持.

カーボンファイバー径の効果



曲げ状態での性能



東工大ナノファイバーイノベーション創出NEDO特別講座

大学院講義(公開講座)

大学院生だけでなく大学研究者、企業研究者も参加
平成19~21年度の参加者 毎年60名程度



カリフォルニア大・ヒーガー教授講演会

講師: Prof. Alan J. Heeger
Department of Chemistry and Biochemistry
University of California, Santa Barbara
2000年ノーベル化学賞受賞

題目: "Plastic" Solar Cells:
Self-Assembly of Bulk Heterojunction Nano-Materials by Spontaneous Phase Separation

日時: 平成22年10月18日(月) 13:20~14:50
場所: 百年記念館3Fフレイト会議室



参加人数110名

II. 人材育成 有機・高分子物質専攻
NEDO特別講座(平成21年度)
大学院「ナノファイバーイノベーション創出」開講案内

担当:谷岡明彦 他 単位: 2-0-0
 10月 6日(火) 13:20~14:50 ナノファイバーイノベーション 谷岡明彦 教授
 10月 13日(火) 13:20~14:50 ナノファイバーの基礎 松本英俊 特任准教授
 10月 20日(火) 13:20~14:50 企業における新規事業開発とオープンイノベーションへの取り組み:
 I. 事例とその考え方 川口武行 特任教授(帝人前常務理事)
 10月 27日(火) 13:20~14:50 ナノファイバーの基礎 松本英俊 特任准教授
 11月 10日(火) 13:20~14:50 企業における新規事業開発とオープンイノベーションへの取り組み:
 II. 異分野技術融合と新製品開発 川口武行 特任教授(帝人前常務理事)
 11月 17日(火) 13:20~14:50 オープンイノベーション環境下での研究開発政策(仮)
 土井良治 経産省研究開発課長
 11月 26日(水) 13:20~16:30 日本のものづくり政策(仮)
 (25日のみ102講義室) 渡辺政憲 特任教授(産総研イノベーション推進室 総括企画主幹)
 12月 7日(月) 10:30~17:00 第2回ナノボグ講演会
 (TTFロイヤルブルーホール) 水谷互 特任教授(産総研ナノテクノロジー研究部門副部長)
 1月 26日(火) 13:20~ (a) nanotube, graphene and carbon materials and electronics.
 (集中講義) (b) nanocar and nanomedicine
 米リス大学スモリーナノ科学技術研究所 James M. Tour 教授
 2月 2日(火) 13:20~ Nanoelectronics and photonics(仮)
 (集中講義) 英ケンブリッジ大学 工学部 Gehan Amarantunga 教授
 申告番号: 25030 場所: S8-623教室(大岡山南8号館6階)
 申告期間: 10月5日~16日 連絡教員: 有機・高分子物質専攻 谷岡明彦 内線2426

III. 人的交流 ★地域セクターでの技術指導

東京工業大学 大田区産業振興協会 共催
 地域と大学の共生プロジェクト『東工大発 教育・新技術メッセージ!』
 日時:平成20年1月22日(火)
 場所:大田区産業プラザ3階 特別会議室(参加人数:80名)

プログラム	
12:30	開場
13:00~13:10	開会挨拶 国立大学法人東京工業大学 大倉一郎副学長
【第一部】-東京工業大学 製造中核人材育成推進の紹介-	
13:15~13:55	講演「もの見方・考え方の幅、知識の幅、人脈の幅を広げる“産総研工業スーパーマスタープログラム”」井上徳剛准教授
14:00~14:20	指針「平成20年度開講に向けた企業からのメッセージ」大田区内企業(林総合株式会社 専務取締役 井 秀子氏)
14:20~14:40	質疑応答
【第二部】-東京工業大学NEDO特別講座による技術指導プログラム- ナノファイバーテクノロジーが未来を拓く! ~ナノファイバーの技術革新を追求~	
14:45~15:45	講演「ナノファイバーテクノロジーの展望」谷岡明彦教授
15:45~15:50	技術指導者紹介 産学連携推進本部 柿ゆづ子 コーディネーター
15:50~16:55	技術指導「ナノファイバーの用途開発」高橋 光弘 研究員
16:55~17:00	閉会挨拶 財団法人大田区産業振興協会 専務理事・事務局長 山田伸樹

III. 人的交流

NANOFIBER 2009, JAPAN

— 次世代を拓くナノファイバーマテリアルの応用展開 —

国際ナノファイバーシンポジウム 2009

2009年6月18日(木)~20(土)

主催:東京工業大学

共催:ナノファイバー学会

ナノファイバーイノベーション協議会

東京工業大学デジタル多目的ホール(大岡山キャンパス西9号館)及び百年記念館
 同時開催付

プログラム(予定)

6月18日(木):世界の企業におけるナノファイバーの用途展開(日本、米、英、独、仏、ス、独、チ等)
 6月19日(金):世界におけるナノファイバーの研究動向(日本、米、英、独、仏、ス、独、チ等)
 6月20日(土):ナノ材料の安全性、新しいライフスタイルと地球環境(日本、米、英、独、仏、ス、独、チ等)
 6月18日~19日:ボスター発表(大岡山9号館)
 6月18日~19日:企業展示(百年記念館1階ホール)
 6月18日(木)18時~:懇親会

参加人数300名

問い合わせ先:

東京工業大学大学院理工学専攻
 有機・高分子物質専攻 谷岡明彦 教授
 〒152-8552 東京青葉区大岡山2-12-158-27
 Tel. 03-5734-2428, Fax. 03-5734-2878, Email: nanofiber@hop.ocn.ne.jp

事業原簿 p. III-2.1-59-60

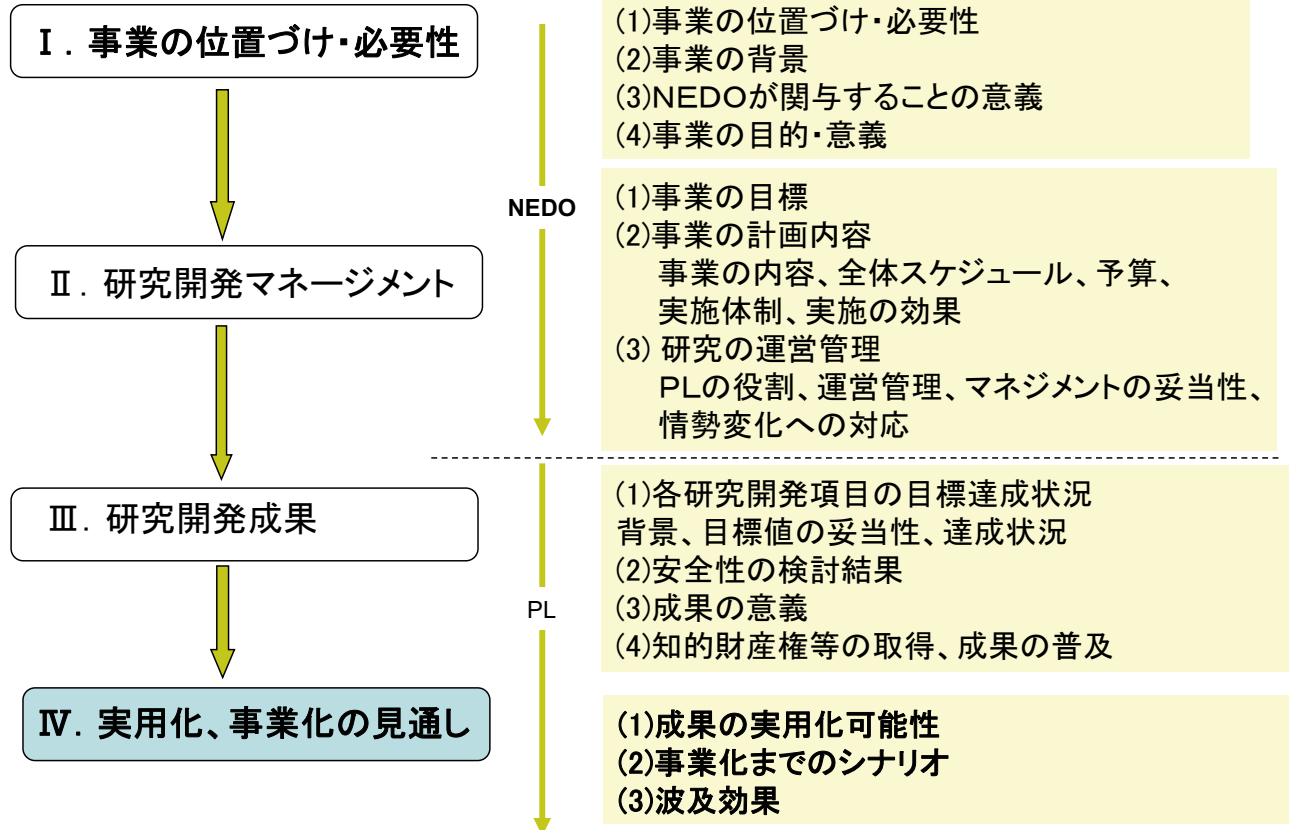
ナノファイバー学会

入会金 無料
 年会費 正会員 10,000円
 学生会員 3,000円
 維持会員 一口 100,000円(一口以上)
 賛助会員 一口 50,000円(一口以上)

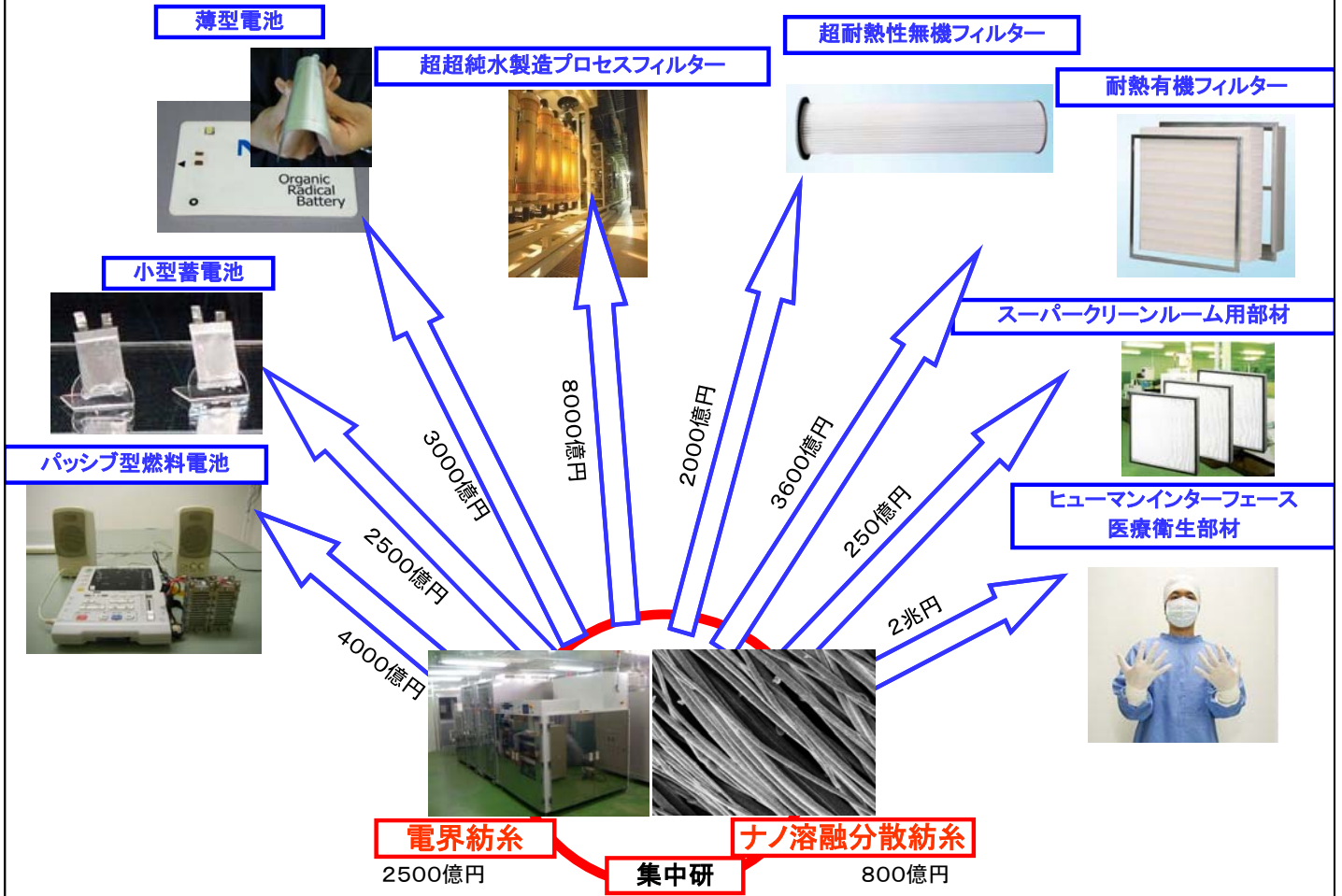
会費振込先 みずほ銀行 大岡山支店 当座口座 0707652
 加入者名称 NPOナノファイバー学会

入会申込書送付先・問合せ先
 ナノファイバー学会事務局
 〒101-0047 東京都千代田区内神田1丁目13-1 豊島ビル4階
 株式会社シーエムシー出版内
 TEL 03-3293-0740 FAX 03-3293-7985
 E-mail nanofiber@hop.ocn.ne.jp

概要説明 報告の流れ













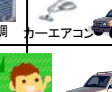



IV. 実用化の見通し(成果の実用化可能性)



IV. 実用化の見通し(実用化までのシナリオ)

		H18年度	H19年度	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	H24年度	~
共通基盤技術	紡糸	高機能材料紡糸技術・大型紡糸技術開発				①微小部コーティング大型装置の開発 ②3次元コーティング大型装置開発 ③3次元成型大型装置開発 大量生産技術開発		超極細電界紡糸技術確立 電界紡糸国産超極細繊維製造装置	
	ナノ溶融分散紡糸	機構解明/不融・炭化技術開発				大量生産技術開発		高機能炭素超極細繊維技術確立 不融・ナノ多孔化 グラファイト結晶化	
	評価計測	物性評価・構造評価確立							
実用化技術	情報家電、燃料電池分野	①パンプ型燃料電池 ②小型蓄電池 高性能電池部材開発				③薄型電池 実用化検討		ナノ多孔性炭素超極細繊維電極部材等 電気二重層 連続導電体効果 超比表面積効果	
	環境・エネルギー分野	①超超純水製造プロセスフィルター ②超耐熱性無機フィルター 高性能フィルター部材開発				③耐熱性有機フィルター 実用化検討		車載用高性能フィルター部材等 高効率・低圧損フィルター	
	医療福祉/安心安全分野	①スーパークリーンルーム用部材 ②ヒューマンインターフェース医療衛生部材 高性能部材開発				実用化検討		一体成型ファイバー部材等 ヒューマンインターフェースに近いスーパークリーン部材、医療基材等に活用	

IV. 実用化の見通し(プロジェクト成果のまとめと波及効果) (★:世界初、○:世界最高レベル) **公開**

研究開発項目		目標値		達成度		世界のライバルとの比較		波及効果(目標)				
		中間	最終	達成値	成果 特記事項	同種技術での比較	世界技術との比較	2008(中間)	2010(次世代)	2015(今後)	2020	
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	ノズル20万本に相当する性能 繊維径 = 100nm ばらつき = ±25% 製造速度 = 30m/分	同左 = 50 = ±20 = 30	従来方式に比べて100万倍の性能 = 50 = ±20 = 30	★ ★ ★ ★	・新発明超高性能ノズルとファイバリング ・超小型(6m ²)、防塵、高速、高機能化装置	ライバル: ナノスパイダー、エレクトロブロー ⇒ 大型、メンテナンス複雑、溶媒の漏洩火災あり、生産性が低い。	ライバル: 複合溶融紡糸、メルトブロー法 ⇒ 高温で紡糸、機能化・複合化不可、溶融高分子でのみ利用可で省エネ効果低い。				有機EL 太陽電池
	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	繊維径 = 500nm 比表面積 = 300 m ² /g 不融時間 = 1/3	= 100 = 1500 = 1/10	= 88 = 1550 = 1/20	○	・超高純度・高純毒性黒鉛 ・電気伝導度世界最高レベル ・高生産性	ライバル: カーボンファイバー ⇒ ナノファイバー化が極めて困難	ライバル: VGCF、カーボンナノチューブ ⇒ 高純度が選ざり低純度で生産コスト高い。			
③	① バッテリー型燃料電池の開発	出力 = 50mW/cm 膜厚 = 120 μm	= 100 = 100	= 100 = 113	○	・世界初拡散層触媒層間ナノファイバーブリッジで高集電性	ライバル: アクティブ型DMFC ⇒ 燃料供給モーター必要で小型化困難	ライバル: リチウム二次電池 ⇒ 充電が必要、長時間連続運転困難				バッジ型DMFC 介護機器 ロボット
	② 小型蓄電池の開発	エネルギー密度 = 20Wh/L 出力密度 = 5kW/L	= 200 = 10	= 100 = 10	○	・高出力・高容量のハイブリッドハイパワーキャパシタ	ライバル: CNTスーパーキャパシタ ⇒ エネルギー密度及出力密度低い。	ライバル: リチウム二次電池、電気二重層キャパシタ ⇒ 急速充放電不可、出力密度が低い。				スーパーハイパワーキャパシタ 産業機器 電気自動車
	③ 薄型電池の開発	厚み = 0.3mm パワー密度 = 5kW/L エネルギー密度 = 50Wh/L	= 0.2 = 10 = 100	= 0.15 = 12.3 = 116	★	・世界最薄フレキシブルハイパワー二次電池 ・様々なデバイスに内蔵可能	ライバル: なし ⇒ ラジカルを含めプラスチックを電極に利用した二次電池は他に無い	ライバル: 薄膜全固体Li二次電池、薄型Mn一次電池 ⇒ フレキシブル・薄化困難、パワー密度小				有機ラジカル電池 カード内蔵電池 ウェアラブル情報機器
	④ 超超純水製造プロセスフィルターの開発	TOC除去 <1ppb 重金属除去 <0.05ppt	<0.1 <0.01	TOC <0.1 重金属 <0.01	○	・新開発ナノファイバー造水モジュール ・世界最高純度の超超純水	ライバル: イオン交換繊維フィルター ⇒ 除去率が低い。	ライバル: 紫外線分解法、逆浸透膜 ⇒ 高電力消費で除去率が低い。				造水モジュール 半導体工場 電子産業力強化 医薬用システム 飲料水用ユニット
	⑤ 超耐熱性無機フィルターの開発	繊維径 <500nm 耐熱性 = 800°C 捕集効率 >90% 圧損 <180Pa	<500 = 1000 >90 <120	<300 = 1000 >99 <100	★	・世界初セラミックナノファイバーを応用化 ・超省エネフィルター	ライバル: セラミックハニカムフィルター ⇒ 低捕集効率で圧損が高く省エネ効果が低い。	ライバル: 金属フィルター ⇒ 捕集効率が低く、圧損高く省エネ効果が低い。				超耐熱フィルター 製鉄所・液晶工場 ディーゼル車
④	③ 耐熱性有機フィルターの開発	繊維径 <100nm 捕集効率 >90% 圧損 <180Pa 耐熱 = 300°C	<100 >99 <120 = 400	= 60 = 99.9 = 100 = 400	○	・低圧損で焼却可能な耐熱フィルター ・耐熱高分子で新規フィルター市場創出	ライバル: ハイブリッドメンブレンテクノロジー ⇒ 耐熱性がない。	ライバル: ガラス繊維フィルター ⇒ 低圧損で焼却成分ができない。省エネ効果低い。				フィルターユニット 医薬・食品 産業 OA機器 焼却炉・乾燥炉 自動車
	① スーパーリーンルーム用部材の開発	圧損 <180Pa 捕集効率 >99.97%	<130 >99.97	= 120 = 99.97	○	・独自のエレクトレット化技術 ・捕集効率は世界最高値	ライバル: ウルトラウエーブ ⇒ エレクトレット機能が無く捕集効率低い	ライバル: ガラス繊維フィルター ⇒ 圧力損失高く省エネ効果低い。				空調ユニット クリーンルーム 空調 家電 カーエアコン
	② ヒューマンインターフェース医療衛生部材の開発	細孔径 = 30nm 接触角 = 130° 透湿性 = 18,000 ml/24hrs/m ² 0.5mm針不通 抗菌性 3D繊維コート	= 10 = 150 = 20,000 0.085 抗菌・消臭性 一体成型	N99達成 = 150 = 21,100 最細針不通 抗菌・消臭性 3D手袋	★ ★	・世界初ナノファイバー効果で抗菌特性発現 ・独自技術で快速・強靱・高伸縮性ナノファブリック	ライバル: ゴアテックス ⇒ 抗菌性や消臭性の機能がなく、快速・強靱・高伸縮性の複合機能も持ち合わせていない。	ライバル: 米国防務省 ⇒ 軍用防護服で多機能化を進め防塵や防汚機能が先行 医療・介護、福祉、スポーツ、自動車への転用に遅れ。				医療・衛生部材 手術・介護・福祉 スポーツ 自動車内装