

## 2. 5 高性能、高機能医療衛生産業用部材の開発

### 2. 5. 1 スーパークリーンルーム用部材の開発

#### 2. 5. 1. 1 計画・目標

##### (1) 背景

超極細繊維が応用される最も汎用的かつ上市可能な用途のひとつとしてクリーンルーム用エアフィルタ類が挙げられる。日本の主要産業である電気・電子部材、特に液晶パネル製造および半導体製造において、常に生産工場内のクリーン度の向上が求められ、クリーン度が液晶パネルや半導体の製品性能を左右すると言っても過言ではない。また、電気・電子部材に携わるメーカーは、コスト削減・環境負荷低減を会社方針に打ち出しているメーカーが多く、省エネルギー、廃棄物処理に貢献する素材の開発に対する要求も高い。さらに近年開発が加速し、今後急速にその市場が拡大すると予測される次世代型の高性能半導体や大型液晶パネルを中心とした製造において、更なるクリーン度向上および省エネルギーに貢献できる材料への要望が高まっている。これらの要望に応えられる高性能の繊維系材料として超極細繊維が挙げられるが、現状開発されている超極細繊維は汎用樹脂（ナイロン、アクリルなど）から作成されたもので、特に力学特性が通常の繊維よりも弱く、フィルタ等の耐久性や化学安定性や耐熱性が要求される分野には必ずしも満足のものでは無い。当社が知的財産権を保有する高性能ポリマーを用いて力学強度（耐久性）に優れ且つ高度な耐熱性を兼備する超極細繊維を製造することに成功すれば、新規な高強度と耐熱性を有する高性能材料を提供することが可能になるばかりか、前述の次世代電気・電子部材の開発も加速することが期待され、産業界全体においても意義深い開発であると考えられる。

上記の背景のもと、高性能かつ省エネルギー型のクリーンルーム用フィルタ部材の開発を開始した。集中研において開発する新規電界紡糸装置を活用しつつ、独自の超極細繊維製フィルタ部材を開発するスキームとなっている。

##### (2) 技術課題

超極細繊維の最も根本的な特徴として繊維径が極めて細いことが挙げられる。この特徴がフィルタ材料として画期的な性能を発揮する根源となるうる可能性がある。フィルタの重要な特性として圧力損失がある。エアフィルタの場合、フィルタを構成する繊維と気体との摩擦により、フィルタ通過前の気体圧力に比較して通過後の圧力が低下する。これを圧力損失と呼び、圧力損失が大きなフィルタでは、フィルタを通過させるために高い圧力が必要となりフィルタ運転のためのエネルギー損失も大きくなって望ましくない。従って、良いフィルタとは、高い捕集効率と低い圧力損失を両立するものである。一般に、繊維径が小さいほど圧力損失は低下する傾向が知られているが、繊維径が気体の平均自由工程（空気の場合約 70 nm）よりも繊維径が小さくなると、繊維表面で気体分子が滑るという特異な現象（スリップフロー）が発現するといわれている。超極細繊維は、この気体の平均自由工程よりも低い繊維径を実現できる可能性があり、劇的な圧力損失の低減が期待できる。本検討における重要課題のひとつは、独自の耐熱ポリマーによる超極細繊維の開発と従来品よりも優れた特性を発揮するエアフィルタ部材の開発である。さらに、クリーンルーム用エアフィルタの機能として粒子の除去だけでなく、化学物質を気体から除去す

ることも望まれている。超極細繊維を炭素化・活性化することにより高性能のケミカルフィルタを開発することも、もうひとつの重要な課題である。

### (3) 検討項目とその説明

上記の課題を達成するための検討項目およびその解決方法を以下に示す。

#### 1) 新規高性能ポリマーによる超極細繊維の開発

(検討項目)

a) 高性能ポリマーの溶液の組成(分子量、粘度)の最適化などの超極細繊維化に関する技術確立

b) 活性炭素化超極細繊維に適したポリマーおよび溶液の組成(分子量、粘度)の最適化などの技術確立

c) 高生産性技術の確立

(解決方法)

a) 当社には、高強度、耐熱性を有するポリマーの製造実績があり、分子設計、溶液調整技術により各種溶液の作製が可能である。電界紡糸の結果をフィードバックして最適化を計る。

b) 当社には、活性炭素化技術および活性炭素繊維の実績があり、これらの知見を用い、超極細繊維の活性炭素化の最適化を計る。

c) 集中研にて開発中の大型電界紡糸装置の技術を活用することにより、従来の超極細繊維に比較して低コストでの生産を図る。

#### 2) 超極細繊維の応用技術の開発

(課題)

a) 超極細繊維を用いた高性能エアフィルタの構造の最適化、評価技術の構築

b) 超極細繊維を用いたエレクトレット化技術の構築

c) 超極細繊維を用いた活性炭素化技術の構築

d) 一体成型型の超極細繊維の作製

(解決方法)

a) b) c) 当社は汎用樹脂による高性能エアフィルタ、エレクトレットフィルタ、活性炭素繊維を製造販売しており、その評価システムを利用し、まずは超極細繊維によるエアフィルタの一次性能を把握し、具体的な商品に対応するように不織布構造の最適化を行うことで達成可能と考える。

d) 超極細繊維の接着性の確認が必要となるが、接着性を向上させる必要がある場合は、コロナ・プラズマ等の物理手段(装置保有)およびポリマー改質の両面よりその改良を検討する。

(4) 成果のまとめ

検討課題	主要な研究内容	顕著な成果
1. 新規高性能ポリマーによる極細繊維の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特殊ポリマーを用いた溶液組成および紡糸条件の最適化や添加剤の検討</li> <li>・エアフィルタ性能の確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気体の平均自由行程に匹敵する繊維径 <math>70 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}</math> を達成。しかも、Beads と呼ばれる欠陥を大幅に低減することに成功した。</li> <li>・特殊ポリマーを用いた超極細繊維フィルタにおいて、最終目標をクリアするフィルタ性能を達成した。</li> </ul>
2. 新規エレクトレット技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・超極細繊維に適したエレクトレット法の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・液体荷電法が超極細繊維のエレクトレット法として適していることを見出した。</li> </ul>
3. ロールサンプルの作製	<ul style="list-style-type: none"> <li>・集中研にて開発した新型ノズル方式による連続サンプル作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新型ノズルの制御方法を確立し、均一な連続サンプル取得方法の基礎を確立した。</li> </ul>
4. フィルタ構成の最適化.	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基材の選定や超極細繊維の構成制御法の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・当社製不織布にて紡糸性、基材密着性等に優れた基材を選定した。</li> </ul>
5. 活性炭素化の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・超極細繊維の活性炭素化の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポリアクリロニトリル系ポリマーの超極細繊維の活性炭素化に成功。ケミカルフィルタへの展開の可能性を見出した。</li> </ul>
6. 中型評価機的设计	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ロールサンプル作製可能なベンチスケール機的设计と導入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・集中研開発の方式による中型評価機を導入した。また本方式での歩留まり大幅向上策を見出した。</li> </ul>
7. モジュール化によるプロトタイプ作製	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プリーツ加工によるモジュールユニットの作製</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・超極細繊維ウェブ部材のモジュール化加工が可能であることを確認した。</li> </ul>
8. モジュール体の完成とユーザー評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モジュール体の実用評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モジュール化時のフィルタ破損の抑制を低減する検討が必要である。</li> </ul>

(5) 目標値とその妥当性

検討項目	中間目標	最終目標	目標値の妥当性
スーパークリーンルーム用部材の開発	初期圧力損失が約 180 Pa で 0.3 μm 粒子の捕集効率が 99.97 % を達成する。	初期圧力損失が約 130 Pa で 0.3 μm 粒子の捕集効率が 99.97 % 以上を達成する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現行品（ガラス繊維）と同じ捕集効率を維持して、圧力損失を約 1/2 に低減した値が目標値である。</li> <li>・ULPA フィルタ（600 mm×1200 mm）の圧力損失の 50 % 低減が達成できた場合、フィルタ 1 枚当たり約 806 kWh/年の省電力となり、コストダウンの観点で顧客訴求力が大きい。</li> <li>・全国 ULPA フィルタ 20 万枚を置き換えた場合、約 4000 万 L/年の石油消費削減と約 3 万 t-C/年の CO2 排出量削減効果を見込むことができる。目標設定としてチャレンジングではあるが、波及効果が大きく社会的なインパクトも大きい。</li> </ul>

(6) 最終目標に対する達成度

検討項目	最終目標	達成値	達成度	内容
スーパークリーンルーム用部材の開発	初期圧力損失が約 130 Pa で 0.3 μm 粒子の捕集効率が 99.97 % を達成する。	ULPA フィルタと同等以上の捕集効率で圧力損失 120 Pa	◎ (最終目標達成)	繊維径 70 nm±10 nm の当社特殊ポリマー製超極細繊維を用いたフィルタ部材にて達成。

(7) 研究開発スケジュール

目標達成に向けて以下のスケジュールにて検討を実施した。プロジェクト期間の前半の平成 18 年度から平成 20 年度は、当社高性能特殊ポリマーを用いた超極細繊維の開発を中心に検討を実施した。繊維径の制御や、原料ポリマーおよび組成の最適化を行い、当社ポリマーの超極細繊維化の基礎技術を確立した。当然、フィルタ性能の確認を行い、その知見を超極細繊維作成技術に反映している。また、将来の生産技術確立を見据えた基礎技術の確立もこの期間に実施した。すなわち、超極細繊維に適したエレクトレット法の探索、ロールサンプルの作製技術の確立、フィルタ構成の最適化を実施した。エアフィルタだけでなく、ケミカルフィルタへの応用として、超極細繊維の活性炭素化を平成 20 年度に検討

した。後半の平成 21 年度、平成 22 年度には、実用化に向けた検討を実施した。平成 21 年度には集中研と共同で中型評価機の設計を実施し、当年度に当社に中型評価機を導入した。また、実用的な特性把握とユーザー評価を実施するためにモジュール化を実施し、実用化の検討をこの期間に実施した。表 2.5.1-1 に上記のスケジュールを線表としてまとめた。

表 2.5.1-1 事業期間中の計画

年度 研究 開発項目	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度
1. 新規高性能ポリマーによる超極細繊維の開発 (1) ポリマー・溶液の最適化  (2) A4 サイズサンプルの作製・評価  (3) ベンチ装置の設計  (4) 装置の問題点抽出と手直し	<p>→</p> <p>順次フィードバックし最適を図る。目標品質繊維が得られる事</p> <p>→</p> <p>超極細繊維の基本性能が把握できること。</p> <p>→</p> <p>市販設備購入後手直し:超極細繊維が得られる事</p> <p>→</p> <p>同上</p>	<p>-----→</p>	<p>-----→</p>		
2. 新規エレクトレット技術の開発		<p>→</p> <p>超極細繊維を破壊する事なく行える事</p>			
3. ロールサンプルの作製		<p>→</p> <p>A4 サイズのサンプルと同等以上のものが連続的に製造できる事</p>			
4. フィルタ構成の最適化.			<p>→</p> <p>高性能フィルタ構成を見極め、中間目標を達成する事</p>		
5. 活性炭素化の検討			<p>→</p> <p>超極細繊維を破壊する事なく行える事</p>		

6. 中型評価機的设计				ベンチ機と同等以上の物が得られること	
7. モジュール化によるプロトタイプ作製				サンプルと同程度以上の量産品が製造できる目処がつく事	
8. モジュール体の完成と実用評価					実用性能を有している事

### 2. 5. 1. 2 課題解決のための指針

まず、スーパークリーンルーム用部材として超極細繊維のあるべき姿（繊維径、繊維集合体としての構造）を、粉塵除去理論を基に考察し、課題達成に向けた解決方策を設定する。

エアフィルタとしての除塵性能は、捕集効率、圧力損失、粉塵保持容量の3つの性能が重要である。特に、前者ふたつはフィルタの初期性能を決める重要なパラメータであるため、以下に解説する。

#### (1) 捕集効率・圧力損失の定義

フィルタ評価は、乾燥後のフィルタサンプルに対し、図 2.5.1-1 に示すように、フィルタ上流、下流の静圧  $P1$ 、 $P2$  および粒子濃度  $C1$ 、 $C2$  を測定し、式 2.5.1-1、-2 より圧力損失 ( $\Delta P$ )、及び粒子透過率を算出する。

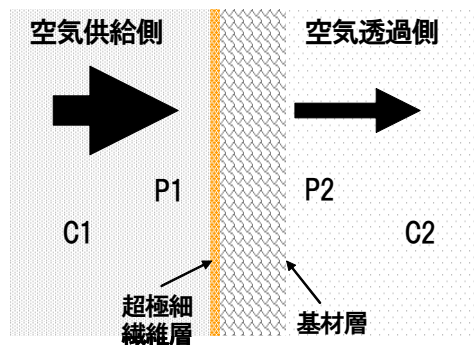


図 2.5.1-1 フィルタ評価 概略図

$$\text{圧力損失} \quad \Delta P = P1 - P2 \quad (2.5.1-1)$$

$$\text{粒子透過率} \quad P = \frac{C2}{C1} \quad (2.5.1-2)$$

$$\text{粒子捕集効率} \quad E = 1 - \frac{C2}{C1} \quad (2.5.1-3)$$

(2) 粒子捕集機構

気体中に浮遊する微粒子を気体から分離除去するためには、粒子と気体流体との間に相対運動を起こさせるための分離力（力の場合）、あるいは流体のみを通過させて粒子をさえぎる分離体（隔壁場）が必要である（図 2.5.1-2）。一般的には、力の場合のみでは、圧力損失は小さいが分離性能も低いものとなり、隔壁場のみでは分離性能は高いが圧力損失も高いものになる。従って、両者の組み合わせにより分離性能と圧力損失のバランスのとれたフィルタを得るのが一般的である。圧力損失を低く保ちながら高い捕集効率を実現するためには、捕集機構を理解することが重要である。

分離の要因	力の場合	力+隔壁	隔壁場
分離形態			
分離性能	小	中	大
圧力損失	小	中	大
性能評価の指標	分離速度	衝突効率 圧力損失	圧力損失

図 2.5.1-2 分散系からの粒子分離の基本型<sup>1)</sup>

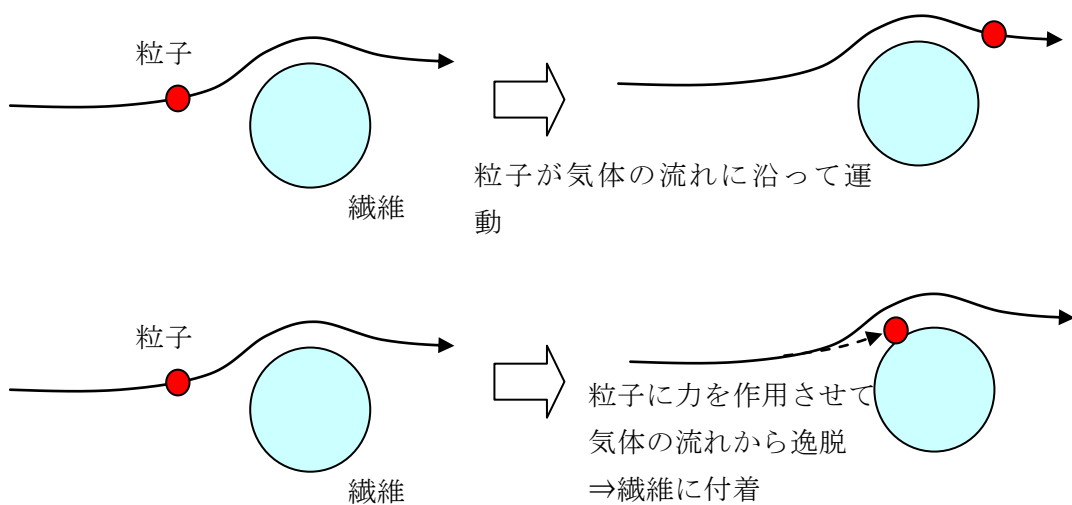


図 2.5.1-3 繊維による粒子捕捉過程の模式図

気体の流れに沿って運動する粒子を、繊維によって捕捉するためには、粒子に相対運動を起こさせて繊維に付着させなければならない(図 2.5.1-3)。相対運動を起こさせるためには、粒子になんらかの力を作用させる必要がある。その力として、慣性力、ブラウン運動(拡散力)、重力、静電気力などがある。これらの力に応じて図 2.5.1-4 に示すように異なる機構の捕集メカニズムがある。

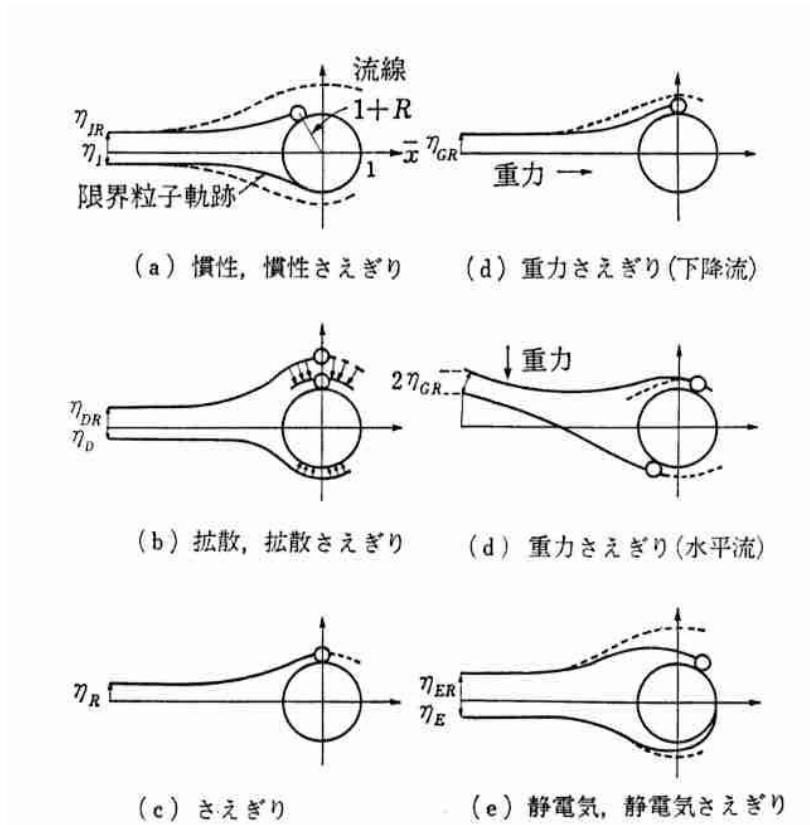


図 2.5.1-4 限界粒子軌跡と捕集機構<sup>2)</sup>

上記のように繊維に近づいた粒子は各種の力の作用で気体の流線から逸脱して繊維表面に衝突し、捕捉される。この基本原理を基に、フィルタ捕集効率を計算する式が与えられている。

$$\text{捕集効率} E = 1 - \frac{C_2}{C_1} = 1 - \text{Exp} \left[ -\frac{4}{\pi} \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{L}{d_f} \eta \right] \quad (2.5.1-4)$$

または、

$$\ln P = -\frac{4}{\pi} \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{L}{d_f} \eta \quad (2.5.1-5)$$

ここで、 $\alpha$ : 粒子充填率、 $L$ : フィルタ厚み、 $d_f$ : 繊維径、である

また、 $\eta$  は単一繊維捕集効率であり、図 2.5.1-5 および式 2.5.1-4 で定義される。



$$\text{単一繊維捕集効率} \eta = \frac{d_e}{d_f} \quad (2.5.1-6)$$

従って、単一繊維捕集効率がろ過条件の関数として与えられると、任意の厚さ、充填率のフィルタ捕集効率が計算できる。

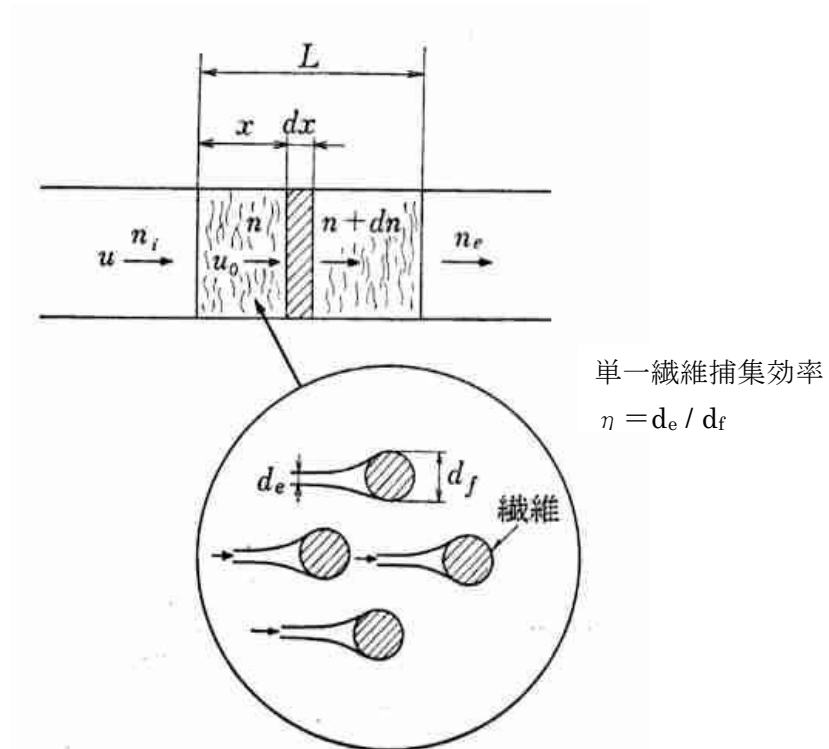


図 2.5.1-5 繊維層内の濃度変化と単一繊維による捕集<sup>2)</sup>

一方、フィルタ性能のとして、もうひとつの重要なパラメータである圧力損失は以下の式で求めることができる（ただし、繊維は気体流に対して垂直配置を仮定する）。

$$\text{圧力損失} \Delta P = \frac{4}{\pi} \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{L}{d_f} \frac{\rho u^2}{2} C_D \quad (2.5.1-7)$$

ここで、 $\alpha$  は繊維充填率、 $L$  はフィルタ厚さ、 $d_f$  は繊維径、 $\rho$  は気体密度、 $u$  はフィルタへの空気接近速度である。また、 $C_D$  は抵抗係数と呼ばれ、繊維の配列因子  $K$ 、充填率  $\alpha$ 、繊維径基準の例レイノズル数  $Re$  の関数である。

捕集効率  $E$  と圧力損失  $\Delta P$  というフィルタ性能を表現する二つの数値の関係は、式 2.5.1-5 と式 2.5.1-7 の右辺の共通項を消去することにより式 2.5.1-8 となる。

$$\ln P = -\frac{\eta}{C_D} \frac{2}{\rho u^2} \Delta P \quad (2.5.1-8)$$

従って、粒子透過率  $P$  の対数を圧力損失  $\Delta P$  に対してプロットしたときに直線関係が得られる。同じ透過率  $P$  に対して、直線の傾きが大きいほど、圧力損失  $\Delta P$  を小さくすることができる。従って、傾きが大きいほど、すなわち  $\eta/C_D$  が大きいフィルタほど性能の良いフィルタとみなすことができる。

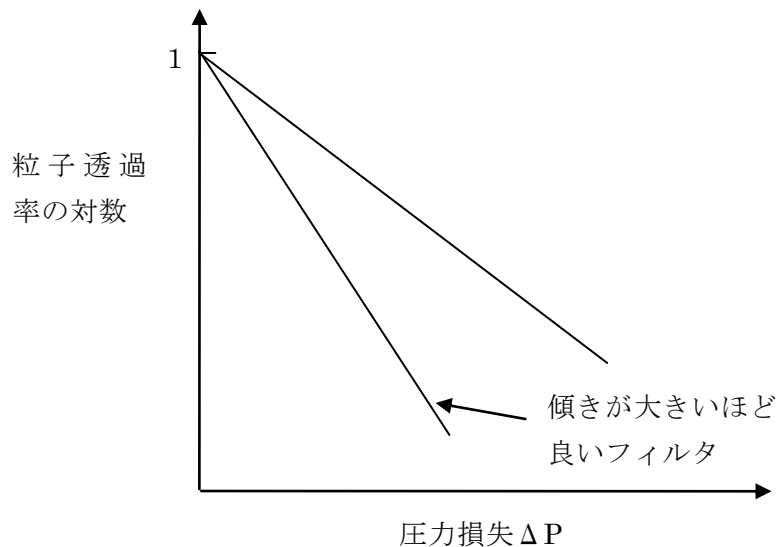


図 2.5.1-6 ろ過理論に基づくフィルタ性能解析の模式図

$\eta/C_D$  を大きくすることが良いフィルタを得る指針であることが式 2.5.1-8 によって示されたが、超極細繊維をフィルタ部材に適用する上で極めて重要な現象が知られている。繊維径  $d_f$  が細くなると、慣性、拡散、さえぎりによる捕集が促進され  $\eta$  は大きくなる。さらに、 $d_f$  が空気分子の平均自由行程  $\lambda$  (常温、常圧で 65 nm) と同程度となると、繊維表面で空気流れにすべりが生じる (スリップフロー。図 2.5.1-7)。繊維表面で速度が 0 という連続流体の境界条件が成立しない。このことを考慮し、繊維まわりの速度分布式にクヌッセン数  $Kn=2\lambda/d_f$  を導入し拡散方程式を解くと、 $Kn$  が大きいほど  $\eta$  が大きくなることが示されている。まさに超極細繊維の繊維径は空気の平均自由行程と同程度であるため、超極細繊維をフィルタに用いると、極めて高性能のフィルタが得られる可能性がある。

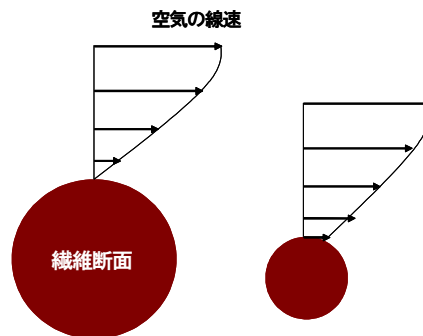


図 2.5.1-7 スリップフローの模式図

一方、上記のろ過理論は理想化した状態を仮定して求めたものであるが、実際の繊維には繊維径分布や、充填率の不均一が存在し、これらはフィルタ性能を低下させることが知られている。従って、超極細繊維をフィルタ部材に応用する際に、これらの不均一性の改善にも配慮することが必要である。

以上をまとめると、スーパークリーンルーム用部材に適した超極細繊維とは、以下のようなものと推定される。

繊維径が空気の平均自由行程（100 nm 程度）同等もしくはそれ以下の超極細繊維。そのような繊維径を達成することで、スリップフローを発生させ高性能フィルタの創生が期待できる。

繊維径の分布が小さく、また充填率の不均一が小さい超極細繊維集合体を形成することも重要である。

以上の粉塵除去理論に基づいて考察した超極細繊維のあるべき構造を達成するために、スーパークリーンルーム用部材に適した超極細繊維の開発を検討してきた。目標達成のための、各年度の具体的検討項目および目標を以下に説明する。

#### 平成 18 年度 研究開発内容

平成 18 年度は研究開発項目「1. 新規高性能ポリマーによる超極細繊維の開発」を実施した。当社の保有する耐熱性樹脂を用いた超極細繊維の開発、特に作製条件の最適化及び作製した超極細繊維の初期評価を行った。また、超極細繊維をエアフィルタとして用い、圧力損失の低減を実現できるのかの可能性を確認した。更に、集中研との連携により事業化への足がかりとなる連続化装置の設計および作製を実施した。

表 2.5.1-2 に示す具体的な研究開発内容、検討項目、目標を設定し実施した。

表 2.5.1-2 平成 18 年度の研究開発内容、検討項目、目標

研究開発内容	検討項目	目標
1. 新規高性能ポリマーによる超極細繊維の開発	○ポリマー・溶液の最適化 ・繊維径低減 ・Beads 数低減の検討	繊維径：100 nm、Beads 数低減
	○A4 サイズサンプル作製：フィルタ評価 ・超極細繊維効果の検討	圧力損失低減の方向性を確認 (中間年目標) 圧力損失 (圧損)：180 Pa 以下、 (0.3 μm 粒子) 捕集効率：99.97 % 以上
	○ベンチ装置の設計 ・連続化装置の設計	連続化装置の導入
	○装置の問題点抽出と手直し ・連続化の可能性 検討	連続化の可能性を確認

平成 19 年度 研究開発内容

平成 19 年度は研究開発項目「1. 新規高性能ポリマーによる超極細繊維の開発」、「2. ロールサンプルの作製」および、「3. 新規エレクトレット技術の開発」を実施した。「1. 新規高性能ポリマーによる超極細繊維の開発」として、当社の保有する耐熱性樹脂・特殊高分子を用いた検討を実施し、特に繊維径や繊維集合構造の均一度と製造条件の関係を詳細に解析した。その知見を活用し、繊維径を高度に制御して得られた超極細繊維のエアフィルタとしての性能評価を実施し、平成 18 年度よりも優れた性能を示すフィルタの作製に成功した。「2. ロールサンプルの作製」として、集中研との連携により、新方式の超極細繊維作製装置を平成 18 年度に導入し、平成 19 年度はその基礎的な運転条件の確立と基本性能の確認を実施した。また、同装置を用いた連続サンプルの試作を実施した。「3. 新規エレクトレット技術の開発」として、超極細繊維に適したエレクトレット法の探索を実施し、液体荷電法を見出した。さらに、平成 20 年度に予定していた「4. 活性炭素化超極細繊維の開発」に関して、先行的に検討を開始し、超極細繊維の炭素化が可能であることを確認した。

表 2.5.1-3 に示す具体的な研究開発内容、検討項目、目標を設定し実施した。

表 2.5.1-3 平成 19 年度の研究開発内容、検討項目、目標

研究開発内容	検討項目	目標
1. 新規高性能ポリマーによる超極細繊維の開発	・繊維径低減、 ・Beads 数低減の検討	・繊維径：100 nm かつ Beads 数低減
2. ロールサンプルの作製	・集中研方式製造装置の検討 ・連続サンプルの作製	・当社独自ポリマーにおける適正運転条件の基礎確立と集中研方式の実力把握

		・ A4 サンプルと同等の性能を示す連続サンプルの試作
3. 新規エレクトレット技術の開発	・ 超極細繊維の荷電方法の探索	・ 超極細繊維に適した荷電方法を見出す
4. 活性炭素化極細繊維の開発	・ 超極細繊維の活性炭素化	・ 超極細繊維の活性炭素化の可能性確認

#### 平成 20 年度 研究開発内容

平成 20 年度は研究開発項目「1. 新規高性能ポリマーによる超極細繊維の開発」、「4. 活性炭素化極細繊維の開発」、「5. フィルタ構成の最適化」および、「6. 中型評価機的设计」を実施した。「1. 新規高性能ポリマーによる超極細繊維の開発」として、当社の保有する耐熱性特殊ポリマーを用いた検討を実施し、特に紡糸溶液の諸性質が繊維径や繊維集合構造に与える影響について解析した。「4. 活性炭素化極細繊維の開発」として、超極細繊維を破壊することなく活性炭素化する技術の検討、並びに得られた超極細活性炭素繊維の吸着評価を実施した。またシート評価を可能にするための炭化炉装置を導入した。「5. フィルタ構成の最適化」として、フィルタ用途に適した超極細繊維構造の検討およびそれを用いたフィルタ性能評価を行い、中間目標を達成した。「6. 中型評価機的设计」に関しては、集中研との連携により、中型評価機のプロトタイプを用いて、当社耐熱性特殊ポリマーによる高効率生産の可能性を見出した。

表 2.5.1-4 に示す具体的な研究開発内容、検討項目、目標を設定し実施した。

表 2.5.1-4 平成 20 年度の研究開発内容、検討項目、目標

研究開発内容	検討項目	目標
1. 新規高性能ポリマーによる超極細繊維の開発	・ 溶液パラメータが電界紡糸に与える影響の調査	繊維径：100 nm、Beads 数低減
4. 活性炭素化極細繊維の開発	・ 活性炭素化超極細繊維のガス除去性能評価 ・ 炭化处理装置の導入	ガス除去性能の優位性確認 装置設計、設置
5. フィルタ構成の最適化	・ ポリマー溶液、プロセスの最適化 ・ 3次元構造とエアフィルタ性能の関係把握	中間年目標の達成 (圧力損失：180 Pa 以下、0.3 μm 粒子の捕集効率：99.97 %以上)
6. 中型評価機的设计	・ 集中研の中型評価機による試作検討	弊社独自ポリマーの適用性確認 装置仕様の決定

#### 平成 21 年度 研究開発内容

平成 21 年度は研究開発項目「6. 中型評価機的设计」、「7. モジュール化によるプロトタイプの作製」を実施した。「6. 中型評価機的设计」に関しては、集中研との連携により、

中型評価機のプロトタイプを用いて、弊社向けの中型評価機を設計し、導入した。「7. モジュール化によるプロトタイプの作製」に関しては、平成 19 年度に弊社に導入した連続化装置を用いてエアフィルタ向けロールサンプルを作製し、モジュール化を実施した。

表 2.5.1-5 に示す具体的な研究開発内容、検討項目、目標を設定し実施した。

表 2.5.1-5 平成 21 年度の研究開発内容、検討項目、目標

研究開発内容	検討項目	目標
6. 中型評価機の設計	・集中研の中型評価機による試作検討	・高生産化に向けた問題点の抽出 ・装置仕様の決定及び導入
7. モジュール化によるプロトタイプの作製	・プリーツ加工、モジュール化工程に耐えるロールサンプルの作製	・超極細繊維を用いたフィルタ部材のモジュール化

#### 平成 22 年度 研究開発内容

平成 22 年度は研究開発項目「8. モジュール体の完成と実用評価」を実施した。集中研との連携により、中型評価機で最大の問題であった歩留まり向上策の検討を実施し、解決の目処を得た。フィルタ性能向上のための品位向上策を検討し、最終目標を達成した。また、モジュール化サンプルのフィルタ性能評価を実施した。

表 2.5.1-6 に示す具体的な研究開発内容、検討項目、目標を設定し実施した。

表 2.5.1-6 平成 22 年度の研究開発内容、検討項目、目標

研究開発内容	検討項目	目標
8. モジュール体の完成と実用評価	・超極細繊維を用いたフィルタ部材のモジュール化と実用評価	(最終目標) 圧力損失：130 Pa 以下 0.3 μm 粒子 捕集効率：99.97 %以上
	・中型評価機の安定量産技術の検討	・歩留まり向上の検討 ・上記解決策の中型評価機への適応実施

では、各検討項目における平成 18 年～平成 22 年の成果を以下に具体的データを示しながら報告する。①超極細繊維の開発：電界紡糸プロセスを用いた繊維作製条件の検討・フィルタ適用性の検討、②大型電界紡糸装置の活用並びに最適化の検討、に分けて報告する。

### 2. 5. 1. 3 超極細繊維の開発：電界紡糸プロセスを用いた繊維作製条件の検討・フィルタ適用性の検討（研究開発内容：1（1）（2）、3、4、5）

新規高性能ポリマーによる超極細繊維の開発

- ・当社高性能ポリマーの超極細繊維化の検討

当社の高性能ポリマー重合技術を用いた耐熱性ポリマーの中でも溶媒溶解性が高いことやポリマー骨格を容易に変更できることを考慮し、ある当社製特殊ポリマーを選定した。

#### ・溶液の最適化

電界紡糸は、ポリマー溶液に高電圧（数 kV～数 10 kV）を印加し、電荷を有したポリマー溶液を紡糸ノズルから吐出する。紡糸ノズルから吐出されたポリマー溶液は、はじめ表面張力によって紡糸ノズル部に溶液溜りを作る。印加電圧を高めることで、溶液溜りは紡糸ノズルとアースされたターゲット部（繊維捕集部）の間にできた電場の力によって円錐状（Taylor cone）に引き伸ばされ、ターゲット部へ向かって引き伸ばされる。ターゲット部に到達するまでの間、溶剤の蒸発とそれに伴う引き伸ばされた溶液の表面積の減少による表面電荷に集中によるクーロン爆発を繰り返すことで繊維が小さくなる（図 2.5.1-8）。

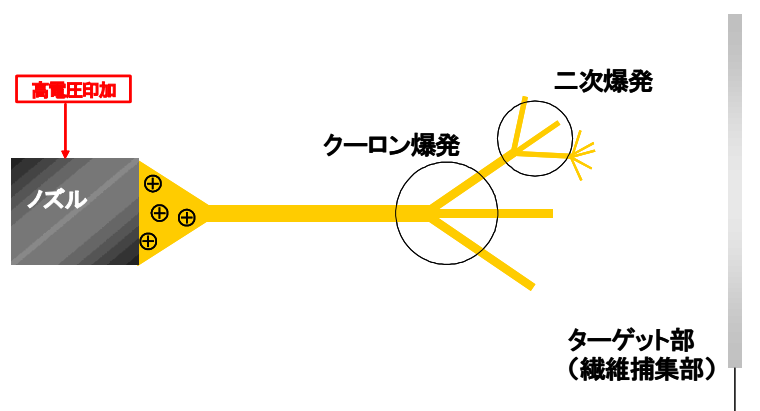


図 2.5.1-8 荷電紡糸における超極細繊維形成スキーム

繊維径を左右する影響として、溶媒の種類、溶液中のポリマー濃度（溶液粘度）に着目し検討を実施した。溶媒の種類に関して、溶媒の沸点、作業者への安全性を考慮して、ある高沸点有機溶媒を選定した。この有機溶媒をポリマー溶解溶剤として使い、溶液中のポリマー濃度に関して検討を行った。一般的には、溶液中のポリマー濃度を小さくすることで繊維径が小さくなることは知られている。本検討結果においても同様にポリマー濃度を小さくすることで繊維径が小さくなることが確認できた。また、高速度カメラを用い紡糸状態を観察したところ、文献等で提唱されているのと同様、ターゲット部に向かってスパイラル状に引き伸ばされているという有用な情報を得ることができた。しかし、ポリマー濃度を下げていくと、繊維径は小さくなるが、Beads と呼ばれる円形または紡錘状の粗大粒子（図 2.5.1-9）が混在し始め、さらにポリマー濃度を下げると繊維に対する Beads の比率が上がり、さらにポリマー濃度を下げるとターゲット部に溶剤が残留した状態となり超極細繊維は形成されず膜状となった。本結果より、ポリマー濃度のみで繊維径を小さくするには限界を有することがわかった。また、繊維径が 100 nm 近傍になると Beads が多数混在することがわかった。

Beads は直径が数  $\mu\text{m}$  を有する粗大粒子であり、エアフィルタ用途に対して利用する場

合、単位面積当たりに対する超極細繊維の質量（目付量）を同じにした場合、粉塵をろ過するために必要な繊維数が減ることになり、粉塵の捕集効率を低下させると考えられる。また、スリップフロー効果を低減させるとも考えられる。このことから、Beads をなくすことが必要である。そこで、Beads 低減の方策のひとつとして、添加剤の検討を実施した。

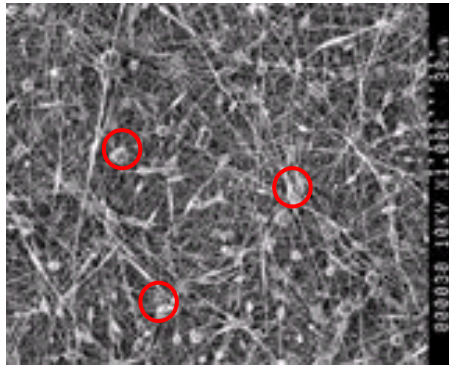


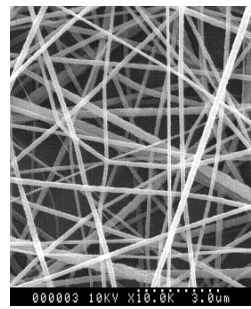
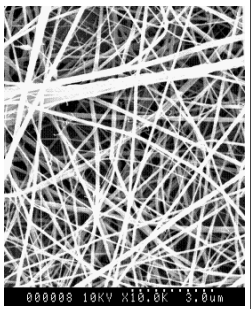
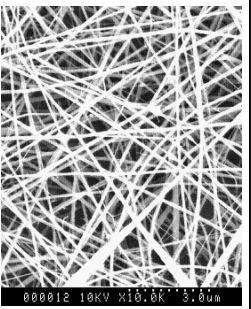
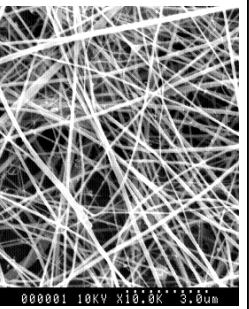
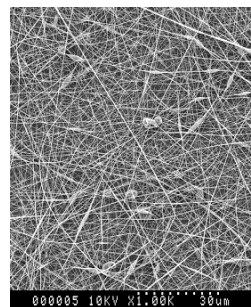

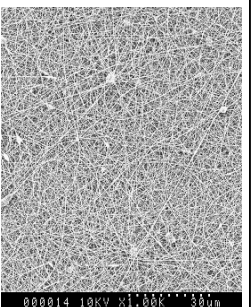
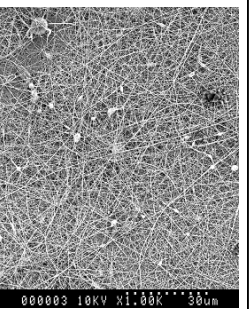
図 2.5.1-9 Beads 混在写真（赤丸内が Beads）

#### ・添加剤の検討

Beads は、紡糸ノズルから紡出された溶液がターゲット部に向かって延伸される際、延伸不十分な部分が発生することによって発生すると推察した。溶液内の電荷量を増加させ、溶液中のクーロン斥力を増加させ延伸応力を大きくする、また、ターゲット部に到達するまでのクーロン爆発回数を増加させることが可能な方法を検討した。具体的には電荷量を増加させる添加剤をポリマー溶液中に加え検討を行った。また、併せて紡糸時の条件を最適化する検討も行った。その結果として、図 2.5.1-10 に示すように繊維径を 100 nm レベルに維持しながら Beads を大幅に減少させることを実現した。

この添加剤の効果は、上述したように溶液の電荷量が変化したことによると推定している。ところが一方で、導入した粘度計を用いて添加剤の添加有無と溶液粘度の関係を調査したところ、ポリマーの分子量や溶液濃度によっては粘度が変化するケースが認められた。溶液の粘度も繊維径に影響を及ぼしている可能性もあるので、さらに溶液特性と繊維径の制御を詳細に検討した。



添加剤濃度	0	2%	4%	5%
平均繊維径*	202 nm	104 nm	112 nm	105 nm
SEM倍率 10000倍				
SEM倍率 1000倍				

\*30本の平均値

図 2.5.1-10 添加剤によるビーズ低減効果

・溶液の最適化

繊維径を支配する要因として、溶液の粘度が特に支配的であるといわれている。我々の検討でも各種ポリマーにおいて、繊維径の強い溶液粘度依存性が認められた(図 2.5.1-11)。他の溶液特性に関しても詳しく調査したが、溶液粘度がもっとも繊維径に強い影響をおよぼすことが明らかとなった。図 2.5.1-11 より明らかであるが、あるポリマーA および B において 100 nm 以下の繊維径が得られている。しかしながら、繊維径は目標値を達成しているものの、低溶液粘度領域では **Beads** と呼ばれる構造が多数観察された(図 2.5.1-12a)。また、**Beads** 以外にも超極細繊維が観察されずに膜化した部分が多数観察される場合があった(図 2.5.1-12b)。この膜化現象の原因は明確では無いが、図 2.5.1-8 に示した超極細繊維の形成スキームが十分に進行せずに、液滴状の溶液がターゲット上に到達した結果このような膜化現象につながったと推定している。この **Beads** や膜化は、エアフィルタにおいて圧力損失を上昇させる原因となる可能性があるため、発生量を低減させることに取り組んだ。

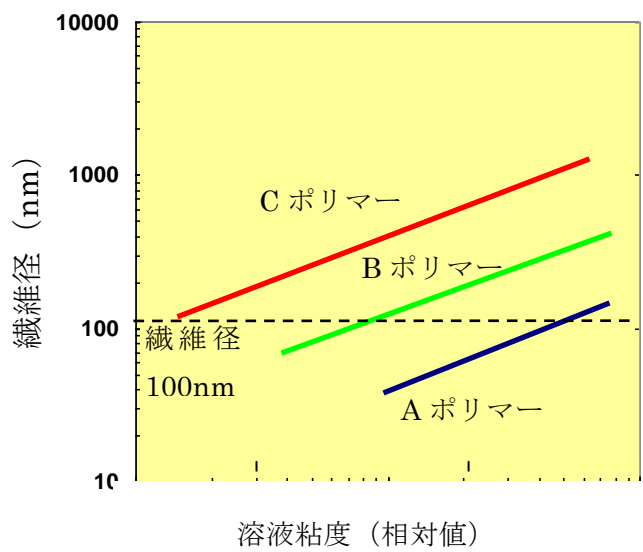


図 2.5.2-11 溶液粘度と繊維径の関係の一例

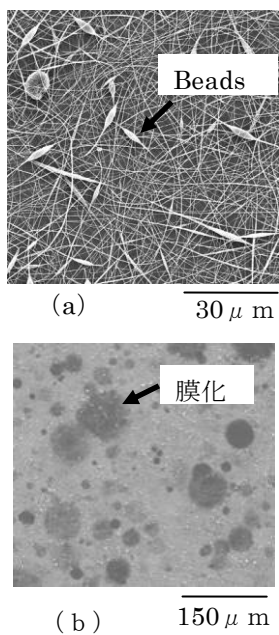


図 2.5.1-12 超極細繊維ウェブに発生した欠陥構造

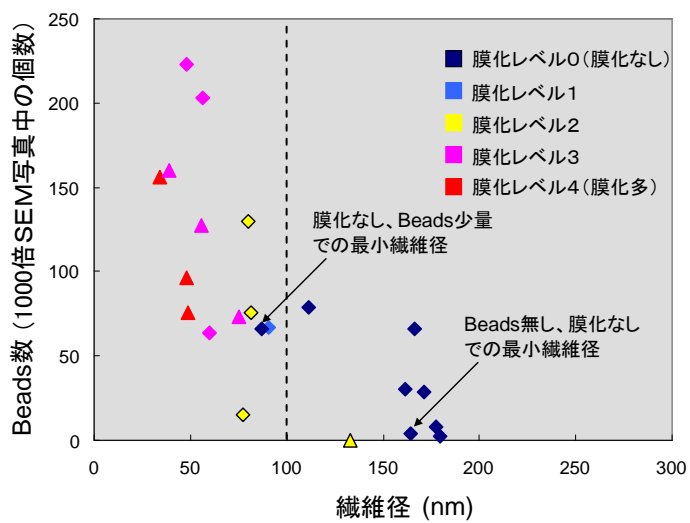


図 2.5.1-13 無欠陥での到達最小繊維径

各種ポリマーでの結果を重ねてプロットしてある。縦軸は倍率 1000 倍で撮影した SEM 写真中に観測される Beads の平均個数。膜化の程度は相対的に 5 段階に分類し、色で表現した。

・溶液パラメータが電界紡糸に与える影響の調査

電界紡糸では、ポリマー溶液に高電圧（数 kV～数 10 kV）を印加し、電荷を有したポリマー溶液を紡糸ノズルから吐出する。紡糸ノズルから吐出されたポリマー溶液は、はじめ表面張力によって紡糸ノズル部に溶液溜りを作る。印加電圧を高めることで、溶液溜りは

紡糸ノズルとアースされたターゲット部（繊維捕集部）の間にできた電場の力によって円錐状（Taylor-Cone）に引き伸ばされ、ターゲット部へ向かって引き伸ばされる。ターゲット部に到達するまでの間、溶剤の蒸発とそれに伴う引き伸ばされた溶液の表面積の減少によって表面電荷が集中し、その結果クーロン爆発を繰り返すことで、繊維径が小さくなると考えられている。

上記のように溶液が経由する過程において、さらなる検討が必要と考え、溶液および紡糸条件（紡糸環境）が与える影響について、図 2.5.1-14 のように考察した。この中の重要と思われる項目について、その影響を調べた。

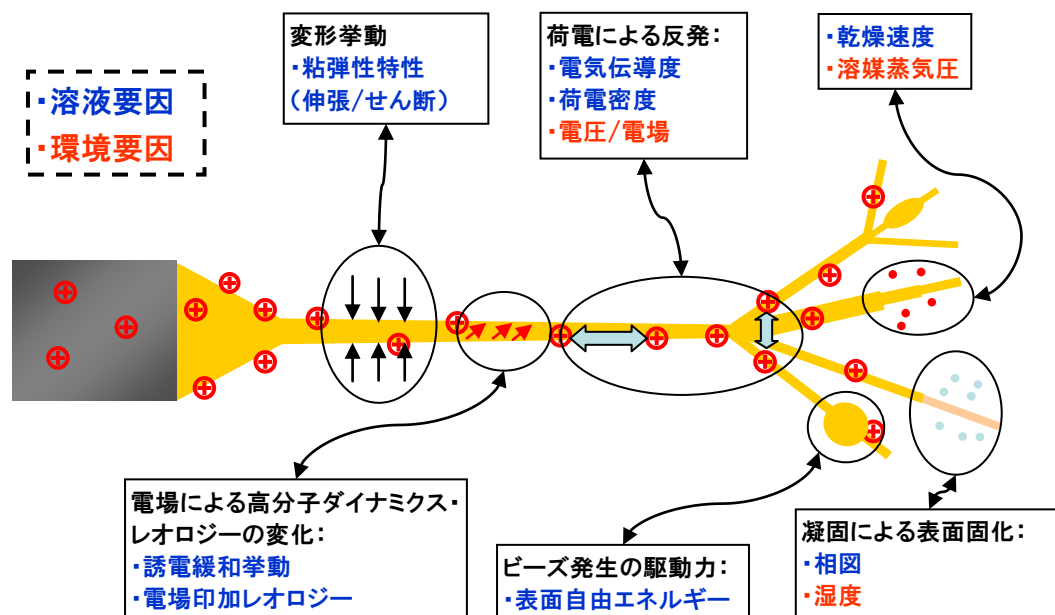


図2.5.1-14 溶液および紡糸条件が荷電紡糸に与える影響について

### ・レオロジー的性質

電界紡糸において溶液が経る変形速度は 100~1000 (1/s) 程度と考えられるので、この近傍における紡糸溶液のレオロジー的性質を予め知っておくことは重要である。弊社特殊ポリマーを用いた紡糸溶液について、そのせん断粘度を測定した。通常の高分子溶液では、高せん断領域で粘度が低下する所謂“Shear-Thinning”が発生する。この Shear-Thinning 挙動とナノファイバー中の Beads 有無について調べたところ、傾向として、Beads が発生するような系では Shear-Thinning が見られないことがわかった。Shear-Thinning は溶液中の高分子鎖の絡み合いと密接な関係があると考えられるため、Beads 発生有無（均一な繊維形成）の原理的な側面として、高分子鎖の絡み合いが重要な寄与を果たしていると考えられる。

### ・溶液の固化特性

電界紡糸中、溶液がターゲットに到達する前に固化することで、ターゲット到達後も繊維の形態を保つことができる。従って、溶液の固化特性を知ることは重要である。電界紡糸中の固化プロセスは「乾燥」および「凝固」の2つのプロセスで成り立っていると考え

られるので、これら2つのプロセスについて、ポリマーや溶媒による差異をモデル的に検証した。

図 2.5.1-15 に、弊社特殊ポリマー溶液について、溶媒を変えて調製したポリマー溶液の乾燥曲線を示す。溶媒間で乾燥挙動は大きく異なる。実際、溶媒 C では蒸発速度が極端に遅いため、前述の膜化が発生し、電界紡糸による繊維を得ることができなかった。また乾燥速度が大きい溶媒 A においては、溶媒 B の場合よりも大きい繊維径が得られている。

乾燥挙動同様、凝固挙動も溶媒による差が現れた。図 2.5.1-15 と同じ試料を用いて湿度凝固速度を比較したところ、溶媒 A > 溶媒 B > 溶媒 C の順に凝固速度が大きいことがわかった。

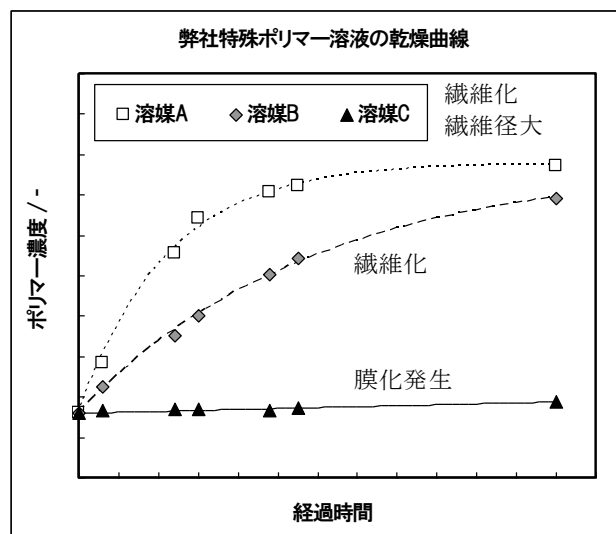


図2.5.1-15 弊社特殊ポリマー溶液の乾燥曲線

・超極細繊維の高品位化 検討結果まとめ

上記を種々検討した結果、最適化したプロセスによる超極細繊維作製結果を図 2.5.1-16 に示す。わずかに beads が残存しているものの、膜化が存在しない、無欠陥超極細繊維として、繊維径 70 nm を得ることに成功した。

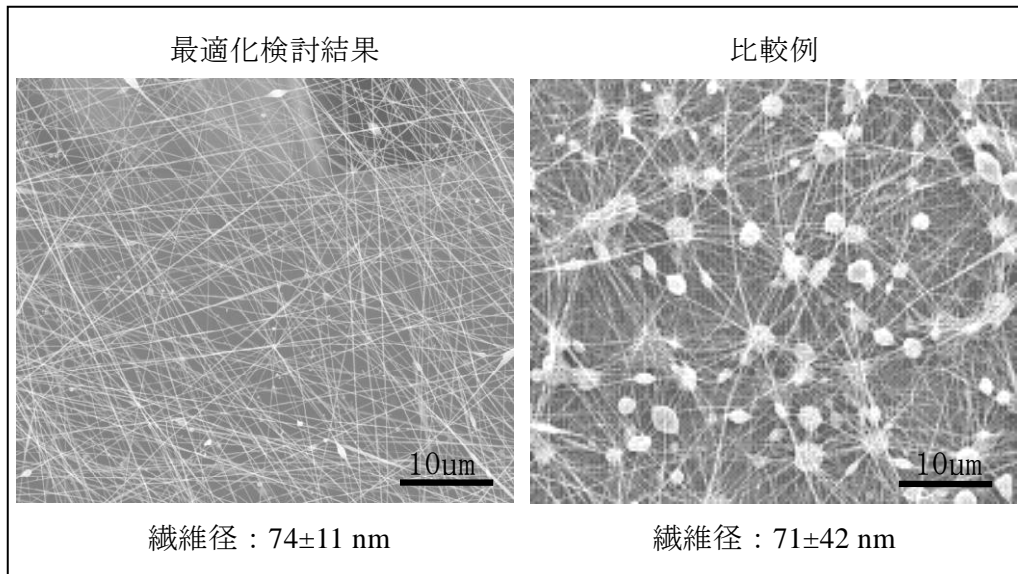


図2.5.1-16 条件最適化によって得られた超極細繊維の例

・ A4 サイズサンプル作製・フィルタ評価

溶液の最適化により、繊維径 100 nm 以下かつ beads の少ない超極細繊維のウェブが得られた。そこで、現在得られている超極細繊維を用いてフィルタサンプルを作製し、超極細繊維化による圧力損失低減の方向性を確認した。フィルタ評価は、乾燥後のフィルタサンプルに対し、図 2.5.1-17 に示すように、フィルタ上流、下流の静圧  $P1$ 、 $P2$  および粒子濃度  $C1$ 、 $C2$  を測定し、式 2.5.1-9、-10 より圧力損失  $\Delta P$ 、及び粒子透過率を算出した。

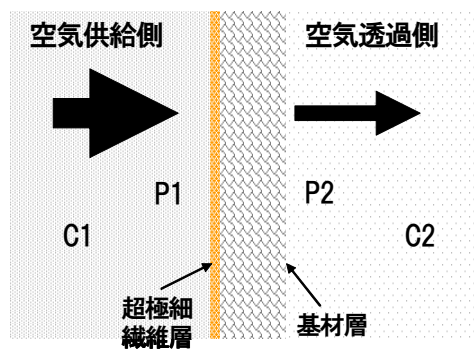


図 2.5.1-17 フィルタ評価 概略図

圧力損失  $\Delta P = P_1 - P_2$  (2.5.1-9)

粒子透過率  $P = \frac{C_2}{C_1}$  (2.5.1-10)

粒子捕集効率  $E = 1 - \frac{C_2}{C_1}$  (2.5.1-11)

図 2.5.1-18 に当社特殊ポリマーを用いて作製した超極細繊維ウェブのエアフィルタ評価結果の例を示す。図より明らかなように、本フィルタサンプルにより、中間評価目標である初期圧力損失が約 130 Pa、0.3 μm 粒子の捕集効率が 99.97 % を達成することができた。

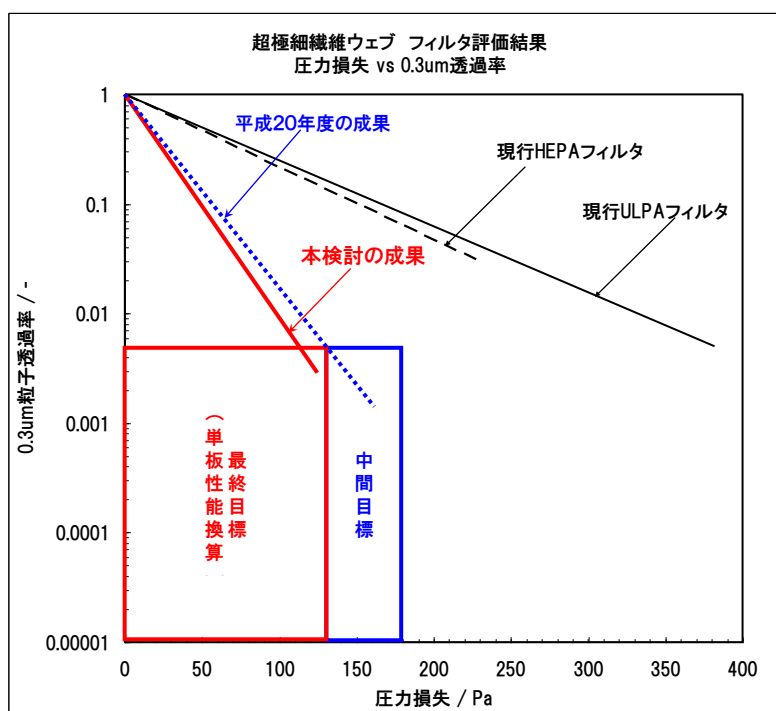
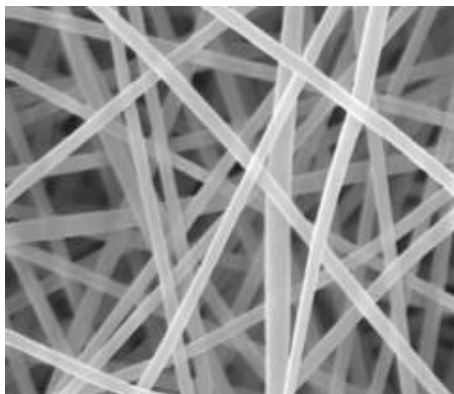


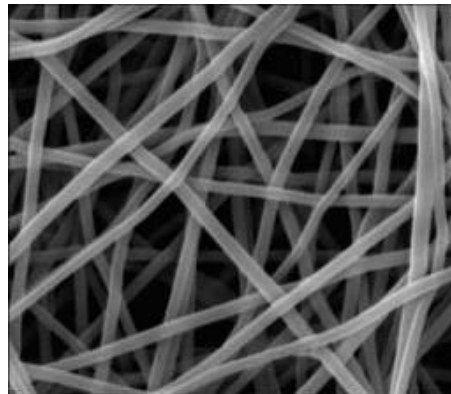
図2.5.1-18 超極細繊維ウェブを用いたエアフィルタ評価結果

・活性炭素化極細繊維の開発

有機高分子を用いた超極細繊維は、粒子を除去するエアフィルタとして適しているが、エアフィルタには化学物質を除去する機能が求められることがある。そのようなケミカルフィルタは、各種の VOC 物質の除去を目的として多くの分野で使用されており、部材として年間 100 億円以上の市場がある。超極細繊維を活性炭素化することができれば、通常の活性炭素繊維よりも著しく高い比表面積効果によって優れたケミカルフィルタが得られる可能性がある。そこで、超極細繊維の活性炭素化の検討を開始した。活性炭素化に適したポリマーとしてポリアクリルニトリルを選択し、超極細繊維化そして超極細繊維の活性炭素化を検討した。繊維径 300 nm のポリアクリルニトリル超極細繊維を炭素化そして活性炭素化することに成功した (図 2.5.1-19)。



(a) 特殊ポリアクリロニトリルポリマーの超極細繊維。平均繊維径 約 300 nm。



(b) 炭素化した特殊ポリアクリロニトリルポリマーの超極細繊維。平均繊維径 約 300 nm。

図 2.5.1-19 特殊ポリアクリロニトリルポリマーの超極細繊維化および炭素化の例

本検討で得られた活性炭素化超極細繊維について、ホルムアルデヒドの吸着評価を実施した。炭素化、活性炭素化超極細繊維のホルムアルデヒド除去能は、粒状活性炭と比較して高い除去率、速い除去速度であることを確認した。しかしながら、ホルムアルデヒドが化学吸着で除去できるアミン系薬剤を添着した活性炭と比較すると低い値を示したため、さらなる改良が必要と考えている。

#### 2. 5. 1. 4 大型電界紡糸装置の活用並びに最適化の検討（研究開発内容：1（3）（4）、3、6、7、8）

##### ・連続化装置の設計

事業開発当初はバッチ式の装置にて検討を実施しており、A4サイズのサンプル作製が限界であった。事業化を進めるためには、ロール状の長尺サンプルを生産する技術を確認する必要がある。そこで、集中研との連携により事業化への足がかりとして連続化装置の設計および作製を実施した。基盤技術研究にて検討を行っていたプロト機をベースにロール搬送、ロール巻取装置を組み込めるような設計、仕様変更を行い、自社に適した連続化装置を設計した。

##### ・当社独自ポリマーにおける適正運転条件の基礎確立と集中研方式の実力把握

集中研にて開発した新方式を連続化装置に導入し、運転条件の最適化を検討した。粘度等の溶液特性、吐出条件、印加電圧や雰囲気湿度などの運転条件を最適化した結果、一般的なポリアクリロニトリルポリマーおよび当社特殊ポリマーにおいて、従来のシリンジ方式と同等の繊維径を達成し、かつ単孔あたりの溶液吐出量としてシリンジ方式に比べて50倍以上の効率が得られることを確認した。

- ・集中研開発の中型評価機プロトタイプの検討

中型評価機を導入するため、その設備仕様検討を実施した。本検討は集中研と連携を取りながら検討を進めた。東工大に設置されている中型評価機のプロトタイプを用いて、弊社特殊ポリマーによる中型評価機導入の可能性を検討した。

- ・溶液吐出能力の検討

弊社特殊ポリマーによる試作検討を行った結果、集中研方式ではノズルユニット当たりの溶液吐出能力が従来のシリンジ方式に比較して約 1000 倍であることがわかった。

- ・幅広化の検討

弊社が必要とする中型評価機は、1m 以上の幅のロールサンプルが作製できることである。このためには、紡糸機の形状を改良する必要がある。

いくつかの紡糸機形状についてシミュレーションを実施した。また実際に、それに対応する装置を集中研に製作して頂き、シミュレーション結果との整合性を確認した。検討の結果、最良と判断した紡糸機形状に基づいて中型評価機を設計し、平成 21 年度末に弊社研究所に導入した。

- ・中型評価機の改良：紡糸躯体への繊維付着改良

中型評価機の最も大きな問題点として、生成した超極細繊維の大部分が紡糸機の内面に付着してしまい、生産時の歩留まりが非常に悪いということがあった。長時間に渡って安定的に超極細繊維を生産し、量産性を確保するには、紡糸機内面への繊維付着は実質的にゼロとすることが必須である。この問題の解決を集中研と共同で図った。

紡糸機の形状について、種々シミュレーションを実施して検討した。検討形状の中から、短時間の紡糸時間において紡糸機内の繊維付着を実質的にゼロとする形状を見出した。

本結果を元に、弊社に導入されている中型評価機の改造を実施し、同様の効果を確認した。

- ・幅方向の目付分布均一化技術の検討

モジュール向けの超極細繊維ウェブ ロールサンプルにおいては、幅方向に超極細繊維が均一に塗布・堆積していることが重要である。集中研方式において、紡糸機形状を種々変更することで、超極細繊維の幅方向の目付分布を制御できることがわかった。この知見は、ロールサンプル作製の際に、ロール速度等の生産条件に応じて、目付分布を制御できる有用な技術と考えられる。

- ・モジュール化によるプロトタイプの作製

エアフィルタは通常表面積を大きくする目的で、プリーツ加工を施してモジュールの形で供給される。基材上に直接塗布された超極細繊維/基材の積層体が適用可能であることを確認するため、モジュール化によるプロトタイプの作製を実施した。

約 6 m 長のロールサンプルを用いてプリーツ加工を実施し、モジュール化を行った。プ



プロセスにおいては、従来の設備ラインで問題なくモジュール化可能であることを確認した。モジュール化サンプルを図 2.5.1-20 に示す。

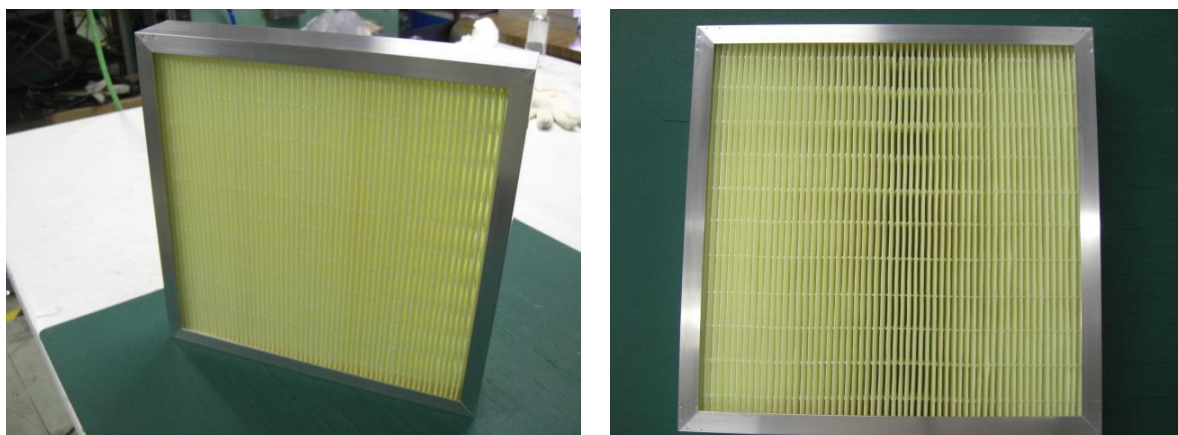


図 2.5.1-20 作製したモジュール化サンプル

- ・超極細繊維ウェブを用いたフィルタ部材のモジュール化と実用評価

不織布上に超極細繊維を堆積させたフィルタ部材をプリーツ加工し、モジュール化した部材の粒子捕集効率を測定した。

捕集効率が約 50% と非常に低い値となった。捕集効率が異常に低い要因としては、超極細繊維フィルタ部材作製時における超極細繊維の欠陥、およびモジュール化加工時における超極細繊維部材の裂けによる欠陥が考えられる。この点については、集中研方式における品位向上策のさらなる検討、中型評価機による製造条件の検討が必要である。尚、連続使用における急激な圧力損失の上昇、捕集性能の低下は、検討の範囲内では見られていないが、連続使用性能に関してはさらに長時間での検討が必要である。

### 2.5.1.5 今後の課題

- ・量産化と細繊維径化の両立

上述の通り、超極細繊維ウェブの製造方法の検討では、各種溶液パラメータや紡糸環境を制御することで、100 nm 以下の繊維径を実現することができた。また量産化の検討においては、集中研開発の方式により、ノズル当たりの吐出量として、シリンジ方式と比較して約 1000 倍程度までは可能であることを見出している。しかしながら両者を同時に満たす製造条件を中型評価機において見出すことができていないため、今後は中型評価機による 100 nm 以下の繊維製造条件の検討が必要である。

- ・モジュール化時の品位改善

モジュール化加工時にはプリーツ加工を施すが、この際の超極細繊維の破損防止についての検討する必要がある。基材と超極細繊維の密着性の調整検討並びに超極細繊維ウェブの強度向上検討が必要と考えている。前者については、基材の前処理や積層構造を変更することで達成可能と考えている。後者については、溶液パラメータや後加工による繊維間融着の検討によって、達成可能と考えている。

## 2. 5. 1. 6 特許・論文・外部発表

表 2.1.5-7 特許・論文・外部発表件数

区分 年度	特許出願			論文		その他外部 発表
	国内	外国	PCT	査読付き	その他	
H18FY	4 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
H19FY	0 件	0 件	1 件	0 件	0 件	0 件
H20FY	3 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
H21FY	1 件	0 件	0 件	0 件	0 件	1 件
H22FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	1 件

特許に関しては調査を含め戦略的出願を実施している。まず、国内外特許約 1500 件を検索により抽出し、個々に精査を実施した。その結果、当社特殊ポリマーを用いたエアークリスタ部材の障害となる問題特許は 0 件であることを確認した。自社出願に関しては上記のように、イ号・主要用途特許は出願を完了し、自社の権利は確保した。今後は、さらなる特許強化策を実施してゆく。外部発表については、国際ナノテクノロジー総合展（平成 21 年度、平成 22 年度）に出展し、成果の普及に努めた。学会発表は実施して来なかったが、今後は知財確保の進捗に応じて実施していく予定である。

以 上

## 2. 5. 2 ヒューマンインターフェース医療衛生・産業用部材の開発

### 2. 5. 2. 1 計画、目標

[背景]

本開発の背景には、地球温暖化等の環境変化、大規模災害、ボーダレス化による感染症の急速拡大等から人体を防護及び予防する社会的要求が高まっていること、及び、既存の防護・医療防護用品には、遮断性重視により気密性が高くなり、着用者への負荷並びにそれによるストレスや長時間作業が不可能などの問題がある。一方、電界紡糸により紡糸される超極細繊維不織布は、その細さにより非常に細かな目付（細孔）と大きな表面積を有することから、ウイルス、細菌、微粒子を高捕集する一方、空気や蒸気を通す高いフィルター能力を持つことが知られていた。

我々は、この超極細繊維不織布のフィルター性能や表面積効果を更に高め、且つ、新機能の発現や機能の複合化技術を開発することで、安全・安心・快適な防護部材の開発を行なうことを目標とした。図 2.5.2.1-1 に示すように、例えばこれまでの医療用防護製品（手袋、ガウン等）は、防護性を最も重視するために、ゴムや樹脂フィルム等の高い遮断性を有する材料で構成されている。遮断性を有するという事は、逆に人体側からの熱や湿気も遮断されることであり、汗蒸れ等で非常に不快で、長時間の使用にはストレスを伴うものであった。我々は、本開発を通して、防護性を維持向上させると共に作業者の快適な環境も備えた防護部材を開発することを目標とした。

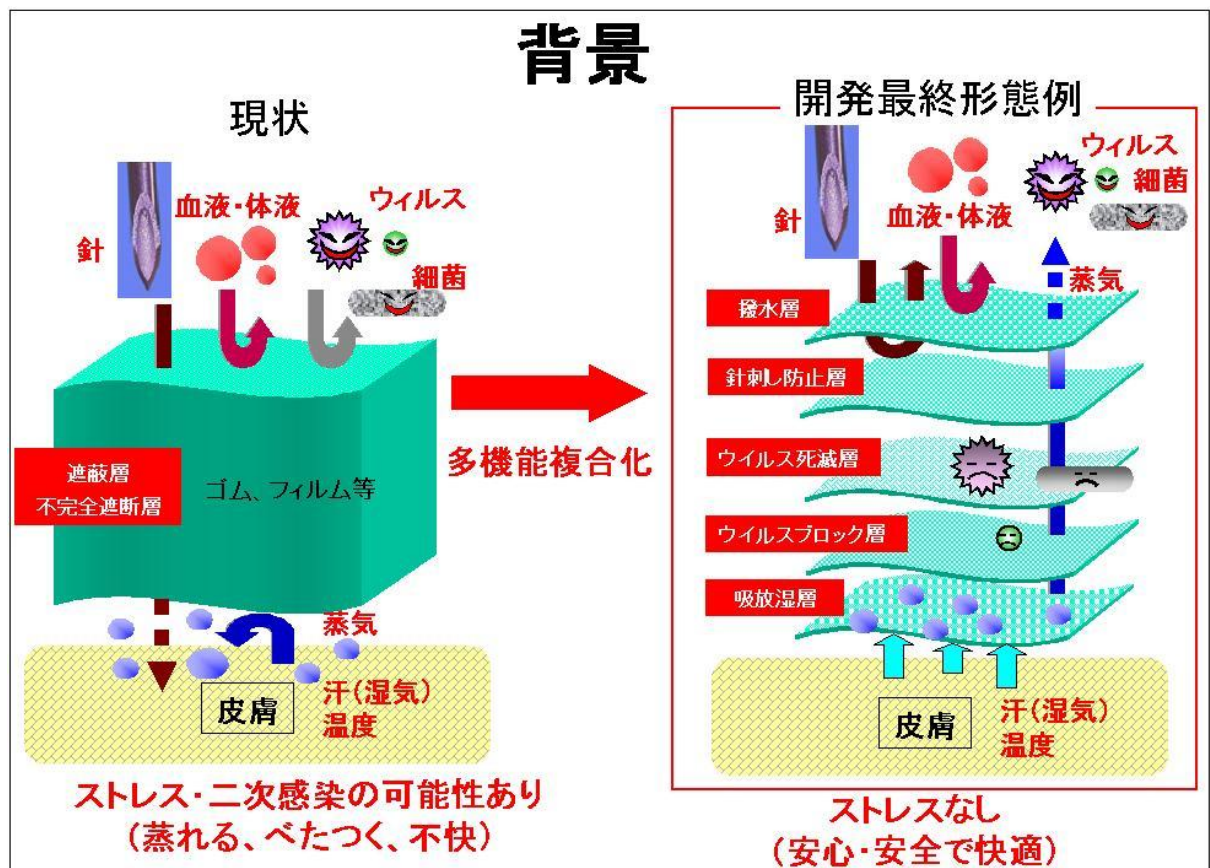


図 2. 5. 2. 1-1 背景と開発最終形態例

本プロジェクトにおける我々の位置づけは、図 2.5.2.1-2 に示すプロジェクト全体体制の

中で、基盤技術で開発ならびに培われた技術と装置を用いて上記背景を鑑み、医療衛生や産業分野で必要とされる部材を超極細繊維の特徴と性質を導き出しながら開発したものである。加えて、日清紡とグンゼは、特に衣料の分野において長年共同で製品の開発販売の実績があり、本プロジェクト成果の展開においても、製造（川上）を日清紡が、製品化（川下）をグンゼが担う将来的な体制を見据えて、共同開発を実施した。

**図非公開**

**図 2.5.2.1-2 垂直－水平連携**

[技術課題]

本開発のテーマとその技術課題は、

① ウイルス完全除去部材の開発

空気中に漂うウイルスに対する防護用マスク等のフィルター機能材料は、その遮断（捕集）レベルに応じて、各国で基準が設けられ規定されている。日本、米国、EUでは、概ね同等の基準であり、ユニセフ等の国際機関では米国基準 N シリーズが採用されている。一般的な病原性ウイルスであるインフルエンザなどは乾燥状態で約 70 nmΦ 程度であり、N シリーズでは、70 nmΦ 粒子を、95 %以上カット（捕集）する場合を N95、99 %以上を N99 としている。超極細繊維を用いれば、物理的な繊維の密度を高めることができ、繊維と繊維の隙間をウイルス以下のサイズにしてしまうことは、可能であろうことが予想できる。しかしながら、密度を上げることにより繊維と通気の摩擦が上昇することも明らかであり、マスクとして考えた場合、その通気圧力損失は、実用上問題となる。N99 基準を満足しつつ、且つ、実用的通気性を確保した超極細繊維部材を開発することが課題であった。また、超極細繊維は強度不足であり通気圧で飛沫が発生する為、人体への影響を考慮して飛沫が出ない部材を開発することも課題であった。

② 血液侵入防止部材の開発

血液や汚染液体からの医療従事者の二次感染を防ぐためには、不可欠な機能であり、ゴムやフィルム等による高遮断性の物質で手袋やガウン等の医療用防護服が構成されているのが現状である。しかしながら、これらの遮断性は医療従事者本人から発せられる汗等を放出できない欠点があり、ストレスを与えていることも事実である。一方、超極細繊維及びその不織布は、①で記したように繊維間に適度な細孔（空間）があり、且つ、その表面積の大きさに起因する超撥水（もちろん樹脂によっては超親水）効果もたらされることが期待された。それゆえ、下記③で述べる着用快適性の効果を維持しながら、液体による二次感染を予防する超極細繊維不織布部材を開発することが課題であった。

③ 着用快適性部材の開発

上記②で述べたように、ゴムやフィルム等による高遮断性の物質で手袋やガウン等の医療用防護服を長時間着用すると発汗量の増加に伴い、水蒸気を衣類外に放出しきれなくなり、結露によるベタツキが発生して着用時の不快感が高まる。そのため、作業員へのストレス低減、すなわち快適性を得るには作業員の汗等の代謝物を放出、すなわち透湿性がコントロールできる衣料部材の開発が課題であった。

#### ④ 針の刺さらない部材の開発

一度使用した注射針等の汚染された医療器具を安全に廃棄するために、注射針を鞘に戻すリキャップ等の行為があり、この際に医療従事者が誤って自分を刺してしまい二次感染を起こす事故が存在する。これら事故の低減を図るために専用器具等の普及でかなり事故件数は低減されてきてはいるものの、針自体の極細化（患者負担を減らす為）により、汚染針を刺してしまったことすら認識できずに二次感染を引き起こす等の新たなケースも散見され始めている。先の尖った針などは、これまでのゴムやフィルムでも防ぐことは出来ない問題であるが、針先より細い超極細繊維を利用すること、ならびに、その受け止めた力を繊維間ネットワークで分散させることで針刺しによる医療事故を防止することが課題であった。

#### ⑤ 抗菌消臭部材の開発

ウイルスのみならず、菌類による感染症も問題が多い。特に、院内感染等は狭い空間に抵抗力の低い患者が多数いることで一般的には問題のない常在菌が引き起こすケースが多々ある。これまでも基本的に抗菌性がある繊維やフィルム等を用いた医療器具や着衣が使用されていたが、その抗菌効果の強さや持続性に問題があり、不十分であるがゆえに引き起こされていると考えられる。上述のような用途に用いられる部材にも、患者の着衣等にも抗菌性が求められるのは最低限の機能であり、超極細繊維においても欠かすことの出来ない性能として付与することが課題であった。

#### ⑥ 複合機能部材の開発

上記①から⑤の機能性部材は、それ単独の機能のみ必要とされることは少ないと想定され、複合化する必要があった。加えて、超極細繊維の欠点である強度不足を補うには、既存の高強度部材との複合化が不可欠であった。しかしながら、開発する超極細繊維部材の機能を損なわず（あるいは、増強する）複合化する技術は、超極細繊維自体を分析把握しながら検討する必要がある、プロジェクト後半の大きな課題であった。

#### ⑦ 一体成型技術の確立

製品への展開を考えた場合、開発された超極細繊維部材あるいは複合部材を立体的に加工する必要性がある。従来のように縫製をした場合は、折角発揮させた超極細繊維のフィルター性能や抗菌性を縫製部に生ずる大きな穴で損なう可能性がある。加えて、縫製等の後加工を伴うことは、端的にもコストを増大させる行為であり好ましくない。一方、電界紡糸方は、基本的に常温で空間中に繊維を放出する技術であり、電界紡糸時に立体的なターゲット（例えば、マネキン等）へ吹き付けて繊維と不織布を形成させてしまえば、縫製跡が無い（シームレス）製品の形成が可能となると考えた。基盤技術研究と共同でこの課題に取り組んだ。

#### ⑧ 複合一体型高機能部材の開発

これまでの①から⑦までの開発技術を統合する技術課題である。言い換えると、①から⑦までの開発検討は、複合的で且つ一体型の高機能部材に仕上げることを念頭に開発する課題であり、最終的には、全てを一体化した高機能部材に仕上げるのが課題であった。

## [検討項目とその説明]

本開発の目標は、下記に示すように、開始から2年間は、超極細繊維不織布の基本性能把握と改良、及び、新機能発現に重点を置いた基礎的開発を行い、後の3年間は東工大基盤研究からもたらされる比較的大きな面積の超極細繊維不織布を用いた、実用化研究開発を行った。

具体的には、

### ① ウイルス完全除去部材の開発

超極細繊維及びその不織布の物理的（繊維径、目付など）と化学的（樹脂種、溶媒、分子量など）要素が、微粒子の捕集性能に及ぼす影響を明らかにしながら、

中間目標：細孔径30 nm以下のナノファイバー不織布の開発

最終目標：細孔径10 nm以下のナノファイバー不織布の開発

を数値目標として検討した。

### ② 血液侵入防止部材の開発

超極細繊維不織布の特徴である高密度繊維表面を利用して、撥水性を高め

中間目標：接触角130°のナノファイバー不織布の開発

最終目標：接触角150°のナノファイバー不織布の開発

を数値目標として検討した。

### ③ 着用快適性部材の開発

超極細繊維不織布の繊維間多孔を利用すると共に、吸水あるいは撥水性のある樹脂を超極細繊維化して化学的にも透湿性や人体適合性を付与し、快適な着用感の部材を検討した。この数値目標として、

中間目標：透湿性18,000 ml/24hr/m<sup>2</sup>（綿生地ベース換算）

最終目標：透湿性20,000 ml/24hr/m<sup>2</sup>（綿生地ベース換算）

とした。

### ④ 針の刺さらない部材の開発

医療現場では使用済みの注射針を二次的事故が起こらないよう医療従事者が針キャップを使用直後に戻す作業が行なわれ、この際の事故が非常に多いことが報告されている。これに対応するために、針先よりはるかに細い超極細繊維をネットワーク化し、応力を分散することで針刺し事故の軽減を目標に検討した。その数値的目標として、

中間目標：0.5 mmφの針が刺さらない

最終目標：0.08 mmφの針が刺さらない

とした。

### ⑤ 抗菌消臭部材の開発

医療、災害現場での抗菌対策は言うまでも無く必要であり、既存の製品にも抗菌対策を施されたものは極一般的に出回っている。しかしながら、その多くは抗菌性物質を表面にコートしたり、練りこんだりしているため、多量の抗菌剤を使用したり、長時間の使用に耐えなかつたりする。超極細繊維は、その細さゆえに非常に大きな表面積を有していることから、抗菌性物質を含有させた場合、繊維表面と菌の接触確率が上がり、微量でも大きな効果が期待できる。

中間目標：部材に抗菌性を与える

最終目標：部材に抗菌性・消臭性を与える  
として検討した。

⑥ 複合機能部材の開発

超極細繊維の問題点の一つには、細いがために絶対的強度に乏しいことがある。一般的には、既存の強度部材に積層接着することで補強できるが、超極細繊維不織布の特徴である目付、細孔径や比表面積の大きさを維持したまま接着する技術は確立されていなかった。また、上記のように開発する機能は、例えば、撥水性と透湿性は同じ部材や製品上で同時に機能しなければ快適性は損なわれるので、超極細繊維同士の積層による複合化は避けて通れない。この項目の開発は、基本的には各機能や実用化目標が明らかになり始めた H20 年度以降に実施した。

⑦ 一体成型技術の確立

上記で開発しようとした機能性部材は、殆どが平面部材であった。人体に適合させるには 3 次元の立体的成型体である必要があり、一般的には繊維製品は縫製することで達せられている。しかしながら、超極細繊維部材は、繊維が極細であることが特徴であり、それを既存の太い繊維で縫い合わせることはナンセンスであると同時に、縫製部分の欠陥からウイルスなどの侵入を引き起こす危険性があった。また、製造コストの観点からも、電界紡糸方で紡糸すると同時に成型することは有利であった。本開発は、電界紡糸装置仕様の目処が立った H20 年度以降から、

中間目標：球状や円錐状の立体対象物へ超極細繊維を均一に吹きつける

最終目標：複雑な立体対象物へ超極細繊維を均一に吹きつける

として、東工大基盤研究との共同研究で本格的に始動した。

⑧ 複合一体型高機能部材の開発

本開発は、上記で開発する機能や成型技術の集大成であり、最終 2 年間で開発した。

これらの検討項目に対して、図 2.5.2.1-3 に示す体勢で研究・開発及び事業化を推進した。19 年度までは、各機関とも基礎的な研究開発が主であるため、研究項目ごとに主たる担当を決めて実施し、20 年度からはそれぞれの成果を統合すべく、複合化、立体成型等に重きを置き、具体的な部材（製品化に向けた応用開発）開発へ主軸を移行した。

図非公開

図 2.5.2.1-3 研究体制

[目標値とその妥当性]

検討項目	中間目標	最終目標	目標値の妥当性
①ウイルス完全除去部材	細孔径 30 nm	細孔径 10 nm	病原性ウイルスの大きさは30 nm以上であり、物理的に遮断するための目標値を10 nm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 18,000 ml/24hrs/m <sup>2</sup> (綿と同等)	透湿性 20,000 ml/24hrs/m <sup>2</sup>	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目標とした。
④ 平面型針刺し防止部材	0.5 mmφ の針が刺さらないこと	0.08 mmφ 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0.5 mmφ 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、0.08 mmφ (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った。
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は不可欠。
⑥～⑧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 複合化技術の確立	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。 強度と快適性の向上の為



[研究開発スケジュール]

スケジュール表非公開

## 2. 5. 2. 2 成果・検討内容

[最終目標に対する達成度と成果のまとめ]

目標	研究開発成果	達成度
(1)ウイルス完全除去部材 細孔径 10nm	<b>粒子径 60 nm を 99 %捕集</b> 米国マスク規格 N99 (ウイルス粒子サイズ 60 nm を 99 %捕集し通気抵抗 245 Pa 以下) を達成。課題であったナノレベル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°	<b>接触角 150°</b> 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した。	◎
(3)平面型着用快適性部材 透湿性 20,000 ml/24hrs/m <sup>2</sup>	<b>透湿性 21,100 ml/24hrs/m<sup>2</sup></b> 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 0.08 mmφ の針が刺さらないこと	<b>0.2 mmφ (市販世界最小径) の針が刺さらない</b> 針刺し抵抗値の向上により市販世界最小径 0.2 mmφ の針刺し防止が可能となる。最終目標の 0.08 mmφ 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	<b>超極細繊維の高い抗菌活性を発見</b> 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。消臭部材も開発した。	◎
(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	<b>一体化成型技術の確立に目処</b> <b>複合化技術を確立</b>	◎

[検討内容]

### (1) 平面型ウイルス完全除去部材の開発

中間目標：細孔径30 nm以下のナノファイバー不織布の開発

最終目標：細孔径10 nm以下のナノファイバー不織布の開発

平成20年度までの開発により、中間目標は達成した。最終目標値に対する開発を進めたが、細孔径を10 nm以下にした場合、フィルターとしての機能が損なわれる。すなわち、空気抵抗が高すぎ、フィルターにしてマスク用フィルターに用途展開するには息苦しく、使用できないことが判明した。一方、一般的なウイルス（例 インフルエンザウイルス等）を防護するマスクには、国際的基準・米国規格N99（直径75 nmの粒子を99 %以上捕集）があり、これを実用化の目標として変更した。結果、補助機構（排

気弁や空気ポンプ等)を伴わない、いわゆる、使い捨てマスク用のフィルターを世界で最初(実施者調べ)に開発した。

しかしながら、このナノファイバーマスクフィルター自体から発生するナノレベルの発塵による人体への影響も懸念される。もちろん、一般的には、有機物ナノファイバー及びその飛沫の健康影響は、生物の免疫能力から考えると、極端な暴露環境で無い限り大きな問題にならないとも言える。

平成20年度から最終年度の期間は、集中研(東工大)と協力し、飛沫の発生を極力低減したマスク用フィルターの開発を実施した。ナノファイバー自体が飛沫化する原因は、その繊維が細いゆえの絶対的な強度不足により摩擦で破壊することが主要因である。

しかしながら、細いナノファイバーの強度を実用レベルの強度にすることは非常に困難である。そこで、ナノファイバー繊維どうしを架橋し、ネットワーク構造にすることで、構造的に飛沫を防ぐことを検討した。すなわち、繊維間が架橋すれば、架橋点の間の繊維中2箇所が同時に切断されない限り、飛沫が発生しないと考え実施した。

図2.5.2.2-1。

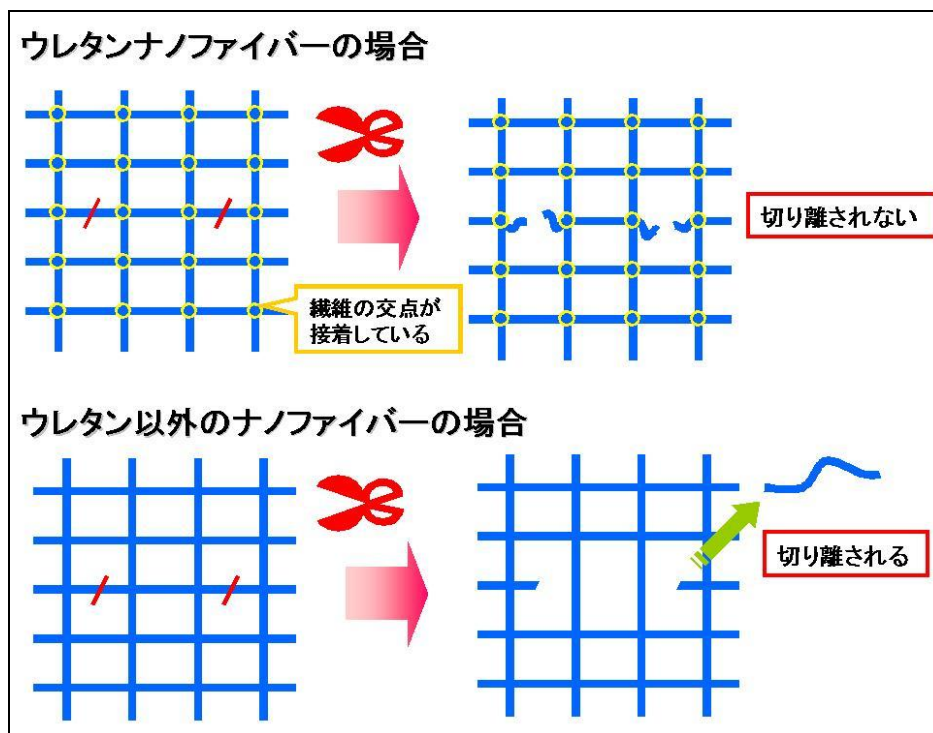


図2.5.2.2-1 ネットワーク構造

これまでの技術開発の経験から、当該ネットワーク(図2.5.2.2-1)を構成するポリウレタンナノファイバーを選択し、米国規格N99に準じたマスクフィルターを試作検討した。結果、繊維径を200 nm以下、最良の状態としては150 nm以下にすることで、99%以上ウイルス様粒子(擬似ウイルス粒子、一般的には $75 \pm 20$  nmの食塩粒子)を遮断し、且つ、スリップフロー現象を伴って、通気性の良い(息苦しくない: 通気抵抗245 Pa以下)マスクフィルターが出来ることを確認した(図2.5.2.2-2)。

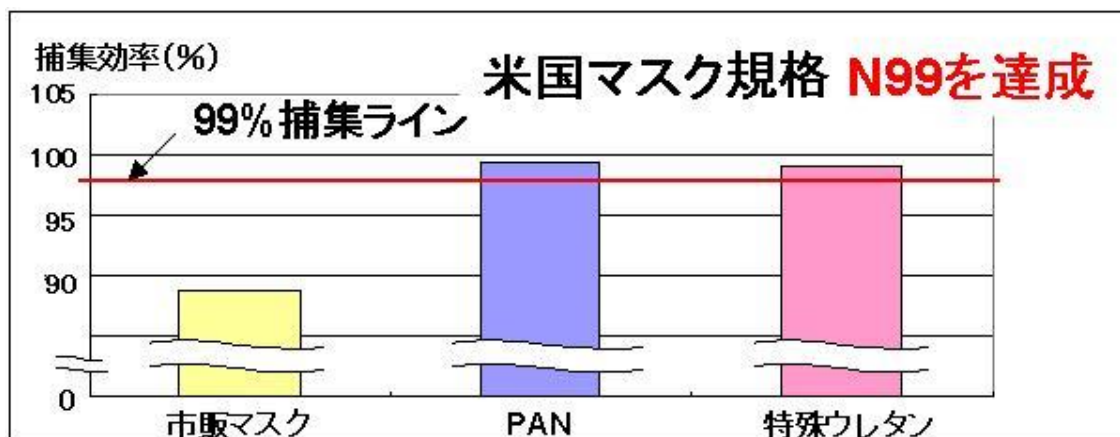


図2.5.2.2-2 捕集効率結果

また、飛沫の有無を確認した結果、PANナノファイバーでは飛沫が確認され、ネットワークを構成するポリウレタンナノファイバーでは飛沫が確認されなかった。

以上の結果より、特殊ポリウレタンナノファイバーを使用することで、通気性が良くナノレベル飛沫も防止することができ、ウイルス完全除去部材の目標を達成することができた。

## (2) 平面型血液進入防止部材の開発

中間目標：接触角 $130^\circ$ のナノファイバー不織布の開発

最終目標：接触角 $150^\circ$ のナノファイバー不織布の開発

最終目標である接触角 $150^\circ$ に対しては、ポリウレタンナノファイバーに撥水加工を施すことで平成20年度に既に達成しており（図2.5.2.2-3）、引き続き耐水性向上の技術開発を行なった。医療衛生分野にて最も耐水性を要求される代表用途は、手袋であり、血液や体液などからの汚染を防ぐ必要がある。

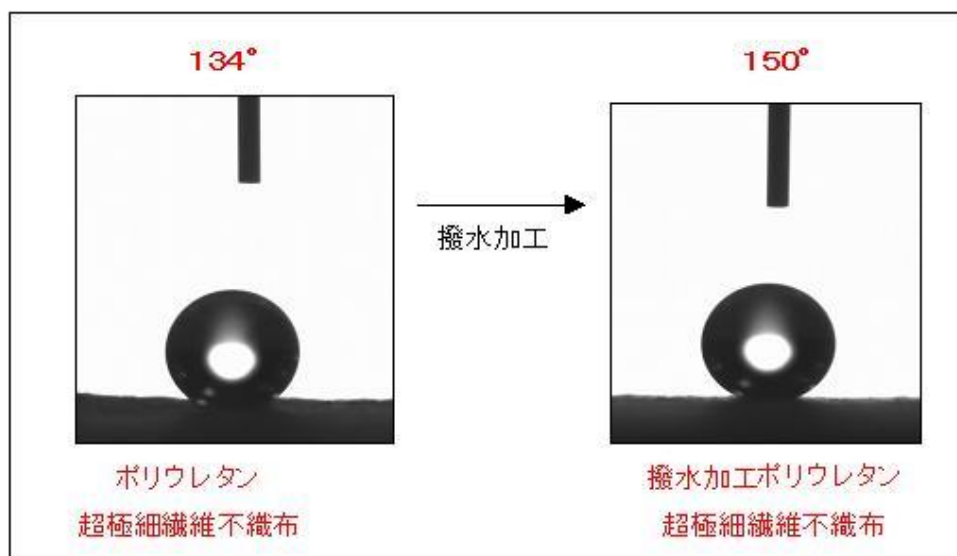


図2.5.2.2-3 ポリウレタン超極細繊維不織布の表面水接触角

左：ポリウレタン超極細繊維不織布の接触角（撥水処理無し）

右：撥水加工ポリウレタン超極細繊維不織布の接触角（フッ素系撥水剤加工）

残念ながら、基本的に水の分子より大きな穴の開いているナノファイバー不織布では、内部への水の浸入を完全に防ぐことは出来ない結果となった。

しかしながら、本検討の過程で、完全に水の浸入は防げないものの、低水圧や短時間の水との接触では、不織布内部への水の浸入を防ぐ能力があることが明らかとなり、加えて、ナノファイバーの目付や複合化（基材とナノファイバーを張り合わせる）により、そのレベルを制御できることを見出した。

### (3) 透湿性部材の開発

中間目標：透湿性18,000 ml/24hr/m<sup>2</sup>（綿生地ベース換算）

最終目標：透湿性20,000 ml/24hr/m<sup>2</sup>（綿生地ベース換算）

樹脂、繊維径、空隙率、細孔径の最適化により、最終目標値透湿性20,000 ml/24hr/m<sup>2</sup>（綿生地ベース換算）を達成。

検討した樹脂として次に挙げる親水性樹脂を中心に検討した。ポリアミド系エラストマー、親水性ポリウレタンおよびセルロースの3点である。ポリアミド系エラストマー（PEBAX）の溶媒はHFIP（；ヘキサフルオロイソプロピルアルコール）、クレゾール等の特殊かつ危険度が高い有機溶剤であり実際はHFIPで検討を行った。PEBAXを超微細繊維（；ナノファイバー）化した場合は親水化が顕著に現れた（接触角小）。その時の繊維と透湿性を図2.5.2.2-4に示す。綿生地（綿100フライス肌着）と比較して約90%である。

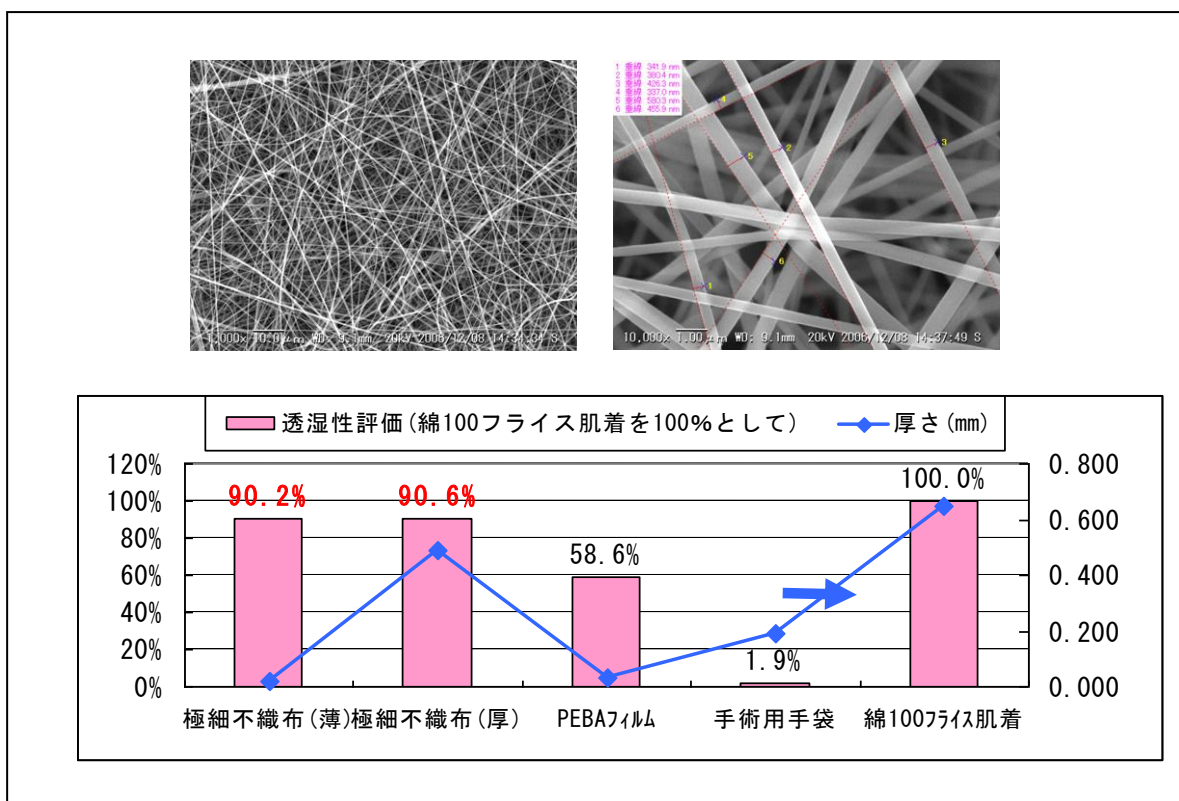


図 2.5.2.2-4 PEBAX の超微細繊維化（上図）とその透湿性評価結果（下図）

ここでは PEBAX の超極細繊維不織布を極細不織布（薄）、（厚）として示す

また親水性ポリウレタン中、透湿性ポリウレタンの透湿性が優れている(図 2.5.2.2-5)。同樹脂は有機溶剤 HFIP、DMF (ジメチルホルムアミド) 等に可溶であり超微細繊維化が可能である。繊維径は該ポリウレタン樹脂の固形分濃度と有機溶剤の揮発性・導電性および ESD 条件等によりある程度制御することができる。セルロースについては溶媒 THF (テトラヒドロフラン) にて溶解、ESD の可能性を検討した。セルロースについては樹脂の膨潤により固形分濃度が 3 % 程度と少なく、ナノファイバーとしては集積が難しい(時間を要し生産性が低い) という面があった。

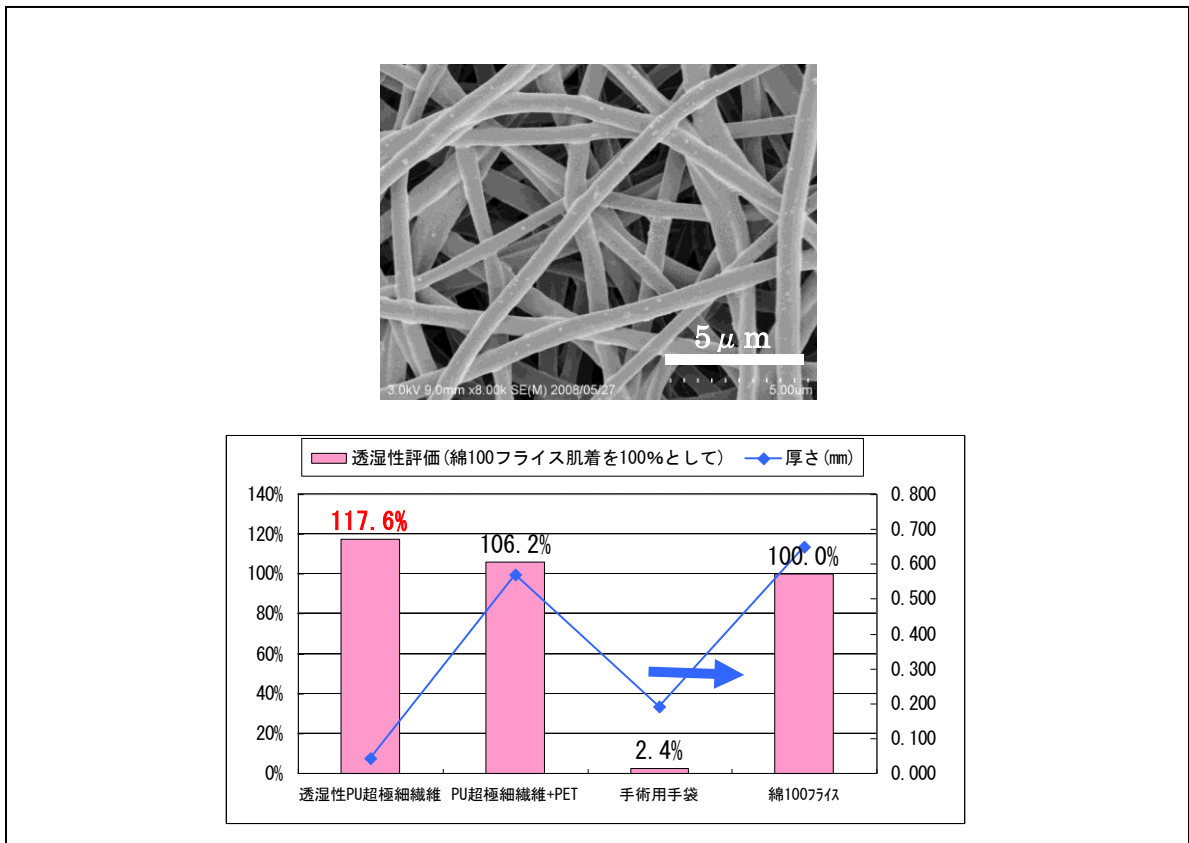


図 2.5.2.2-5 透湿性ポリウレタンの超微細繊維化(上図)とその透湿性評価結果(下図)

上記の各樹脂も含め、各種の試験を行った結果、透湿性ポリウレタン超極細繊維不織布にて、最終目標値である 20,000 ml/24hrs/m<sup>2</sup> を上回る 21,100 ml/24hrs/m<sup>2</sup> (綿生地比較 117.6%) を達成した。さらに超極細繊維不織布は綿生地と比べ、水分子の衝突が少なく、かつ繊維表面を滑る「スリップ・フロー現象」も透湿性が高くなった要因と推測される。スリップ・フロー現象においては図 2.5.2.2-4 におけるデータにより、超極細繊維不織布の厚みに係らず、透湿性がほとんど変わらないことから理解できる。

また現在、ポリウレタン超極細繊維不織布と通常生地との貼り合せによる冬用肌着を商品化すべく検討しているが、(通常生地にも多少左右されると思われるが) 貼り合わされた生地の透湿性はそれほど落ちない結果を得ている。

#### (4) 平面針刺し防止部材の検討

中間目標：0.5 mmφの針が刺さらない

最終目標：0.08 mmφの針が刺さらない

他素材との複合化により、最終目標値を達成。

まず最初に針刺し抵抗値の評価・測定方法について検討を行った。図 2.5.2.2-6 に針刺し抵抗測定方法について原理を示す。もともと針刺し時の痛みを軽減するため、その抵抗値は低くなるよう工夫されている（ランセットポイント型等）。このため針刺しの抵抗値を正確に読み取るためロードセルの感度を上げその測定を行った。その結果、現在、市販の手術用手袋の貫通する針刺し抵抗値は、上降伏点の約 1.9～3.56 cN 程度とかなり小さい値であることが判った。

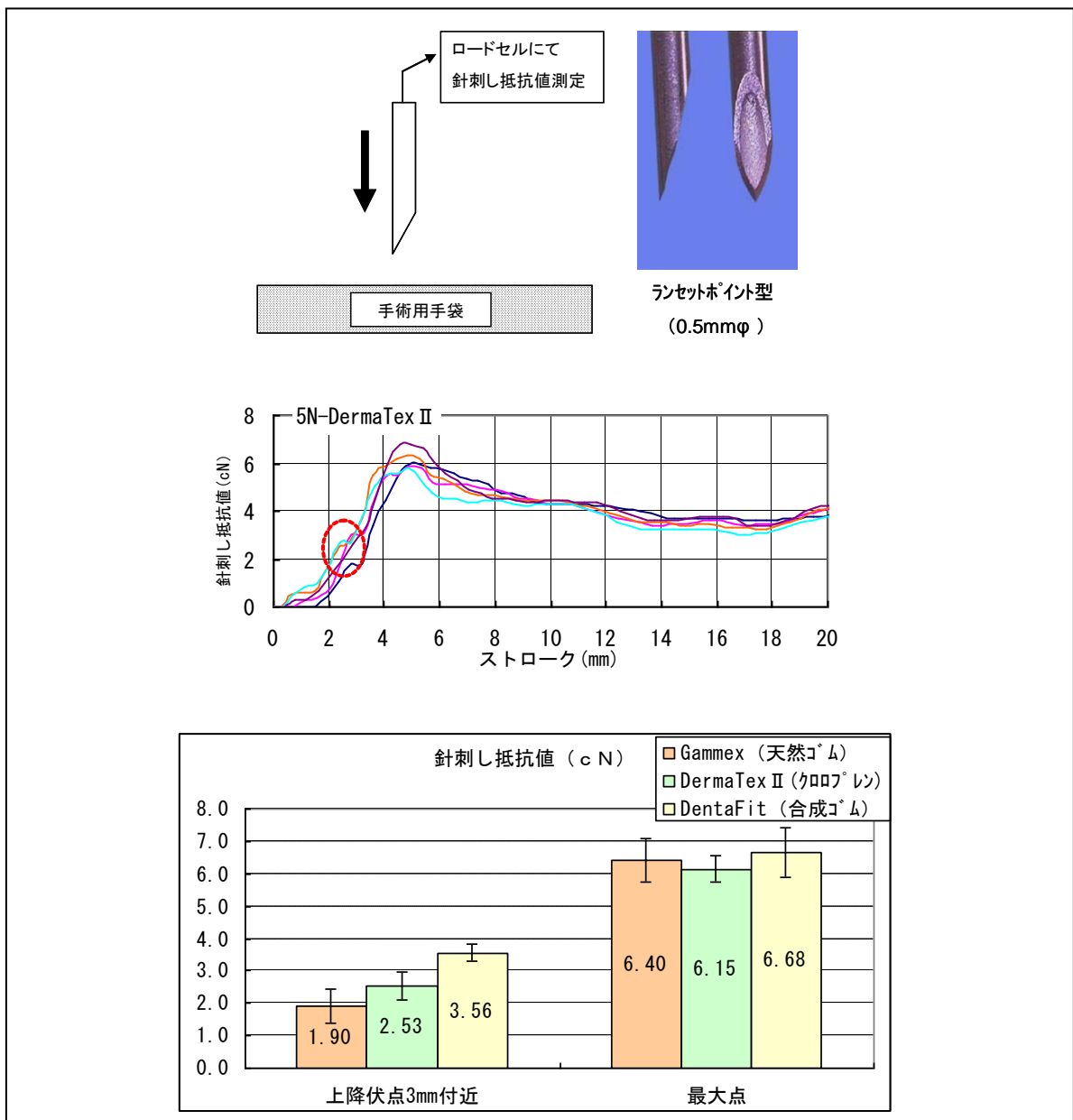


図 2.5.2.2-6 針刺し抵抗値の測定原理（上図）、  
針刺し抵抗値の測定結果（中図）および、  
市販の手術用手袋の針刺し抵抗値（下図）

ESD から作られるナノファイバーそのものは通常の紡糸方法とは異なり、繊維方向での延伸・配向が一般には起こりにくい。さらにナノファイバーそれ自身は繊度も細く繊維自身の強度は一般に弱い。こうしたことから我々は、針が刺さらない、すなわち針刺し抵抗値を上げるため、下記の手法に基づき検討を行った。

1. 硬い樹脂素材を用いる（貫通しないようにする）
2. 粘弾性のある樹脂を用いる（針刺しがまとわりつき、貫通抵抗を上げる）

構成部材に下記部材を選択、針刺し抵抗値を測定した。

1にPI（ポリイミド）、PAI（ポリアミドイミド）を選択

2にゴム；TPU（熱可塑性ポリウレタン）を選択

これにより針が刺さる（部材の構成）順序により針刺し抵抗が上がる組み合わせがあることが判った（図 2.5.2.2-7）。

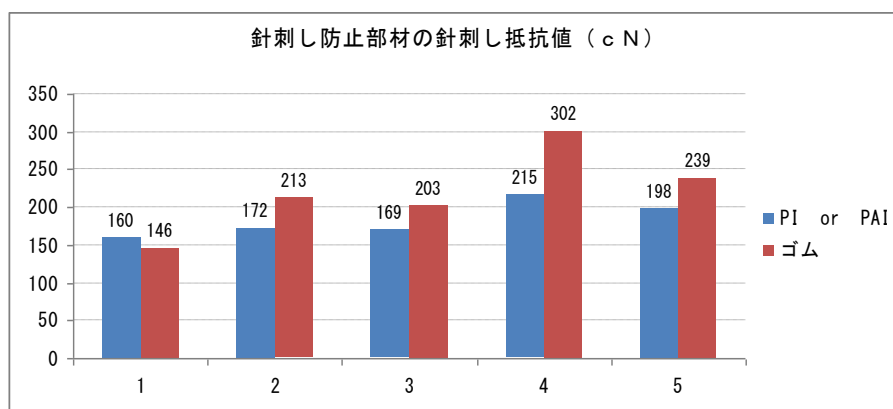


図 2.5.2.2-7 針刺し抵抗値測定結果（針径 0.5 mmφ）

針がポリウレタン樹脂およびポリアミドイミド樹脂の各フィルムの最適複合化により、手術用手袋の約 100 倍以上の針刺し抵抗値を向上した。針刺し防止抵抗値は注射針のリキャップ想定し 250 cN 以上とした。世界最小径は 0.2 mmφ（ナノパス；テルモ社製）であり、表層面が硬い④においては針が曲がり、刺さらないという状況であった（図 2.5.2.2-8）。最終目標の 0.08 mmφ 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。

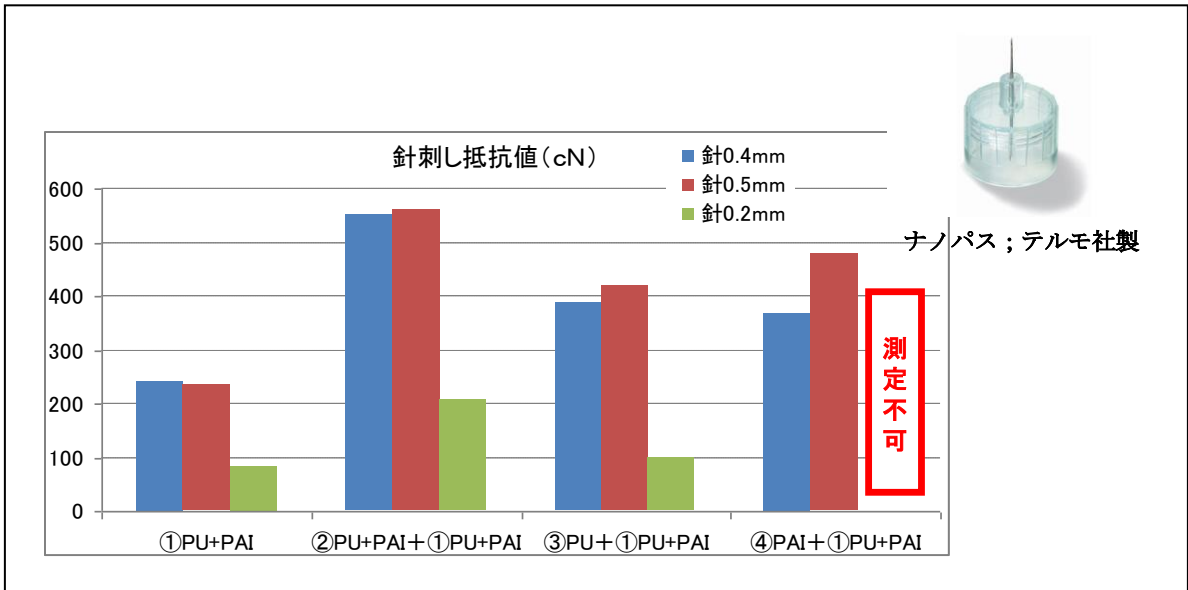


図 2.5.2.2-8 針刺し抵抗値測定結果 (各種)

前述の「③透湿性部材の開発」で得られた高い透湿性と、ナノファイバー不織布の特徴を活かし、事業化の1つである快適衣料素材「ナノウォーム」の開発を進めた。

【目的】

ナノファイバー不織布の特性をインナーウェアに展開し、新コンセプトを市場に提案する。

ナノファイバーの特徴	肌着にした場合の特徴
1. 軽量	軽い
2. 高空隙率	空気層ができる→保温性
3. ナノサイズ効果	低通気性→外部からの空気を入れにくい
4. スリッ・フロー効果	繊維表面で物質が滑る→透湿性が落ちない；高い

表 2.5.2.2-9 ナノファイバー特徴が肌着にもたらすメリット

【商品コンセプト】

冬用衣料『薄く、軽く、暖かい』を極める。



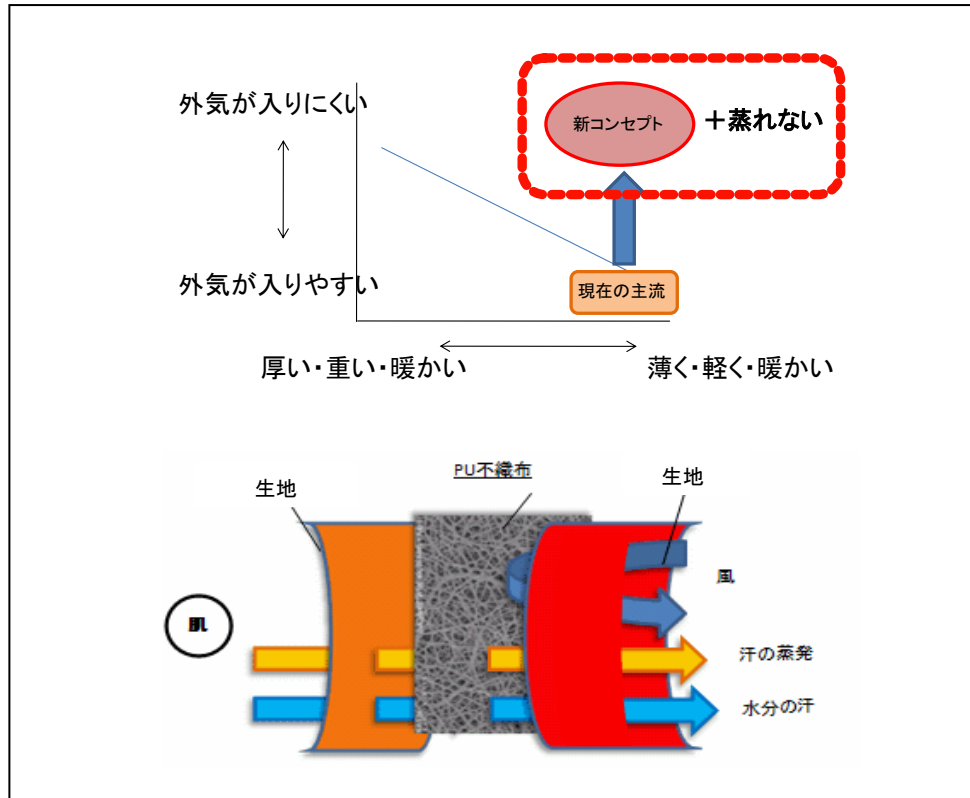


図 2.5.2.2-10 冬用肌着における特性（上図）と  
試作構成（PU ナノファイバー不織布をラミネート、下図）

## 【生地特性値】

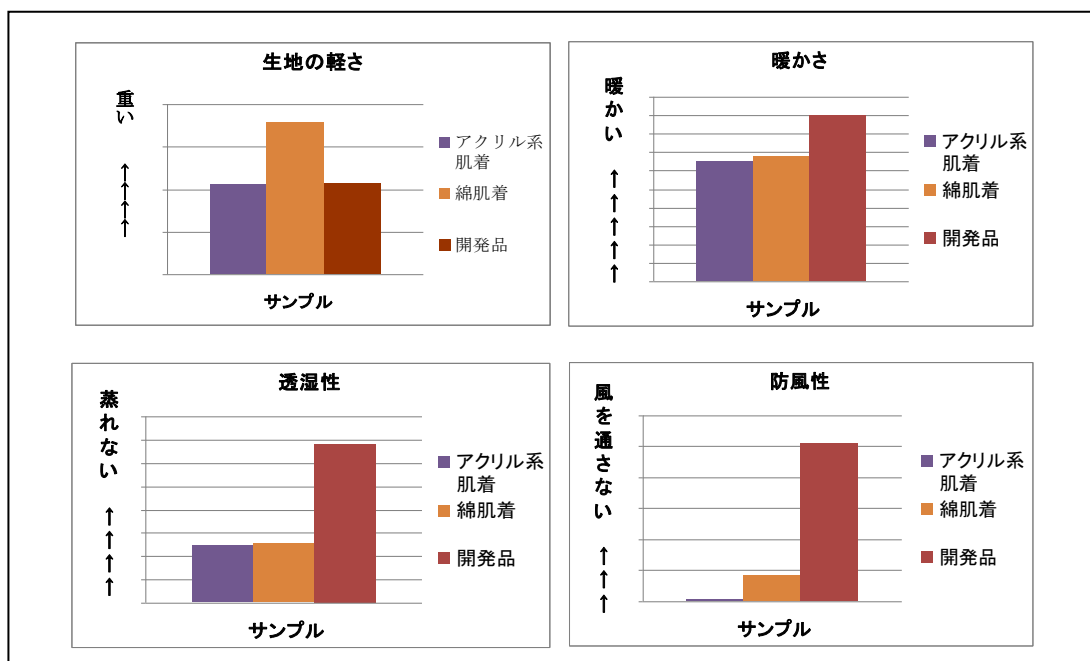


図 2.5.2.2-11 冬用肌着における開発品と市販品との性能比較

### (5) 平面型抗菌消臭部材の開発

中間目標：部材に抗菌性を与える

最終目標：部材に抗菌性・消臭性を与える

当初の目標では、ナノファイバーに抗菌物質を種々導入して抗菌性を与える予定であったが、この検討中に、ナノファイバー不織布に対しては、何ら抗菌性物質を付与すること無く抗菌性が発揮されることを見出した。この現象の発見（新規ナノファイバー効果）は世界初である。また、消臭性部材を開発することにも成功し、これらの成果により最終目標を達成した。

### (6) 立体成型部材の検討

中間目標：球状や円錐状の立体対象物へ超極細繊維を均一に吹きつける

最終目標：複雑な立体対象物へ超極細繊維を均一に吹きつける

集中研（東工大）と共同で立体物への電界紡糸装置開発を行なった。表面に凹凸がある顔型やこれまで不可能であった不導体にまでも電界紡糸で直接紡糸する技術を開発し、目標を達成した。これにより、一体化成型技術の確立に目処が立った。

### [最終目標達成の流れ]

開発当初は、超極細繊維不織布の特異機能は単機能で、その細さ故に基本的には絶対的な強度が不足していた。しかし、これまでの開発でウレタンナノファイバー不織布は例外的で繊維同士を交点で結合させる、及び樹脂自体が弾性であることで、実用に近い強度が実現できていることが確認できたため、特異機能をウレタンに複合し全ての特長

を兼ね備えた特殊ウレタンナノファイバー不織布を開発した。この成果により、当初描いていた最終形態例は図 2.5.2.2-12 のような複合部材となり、より実用化に近い形となった。

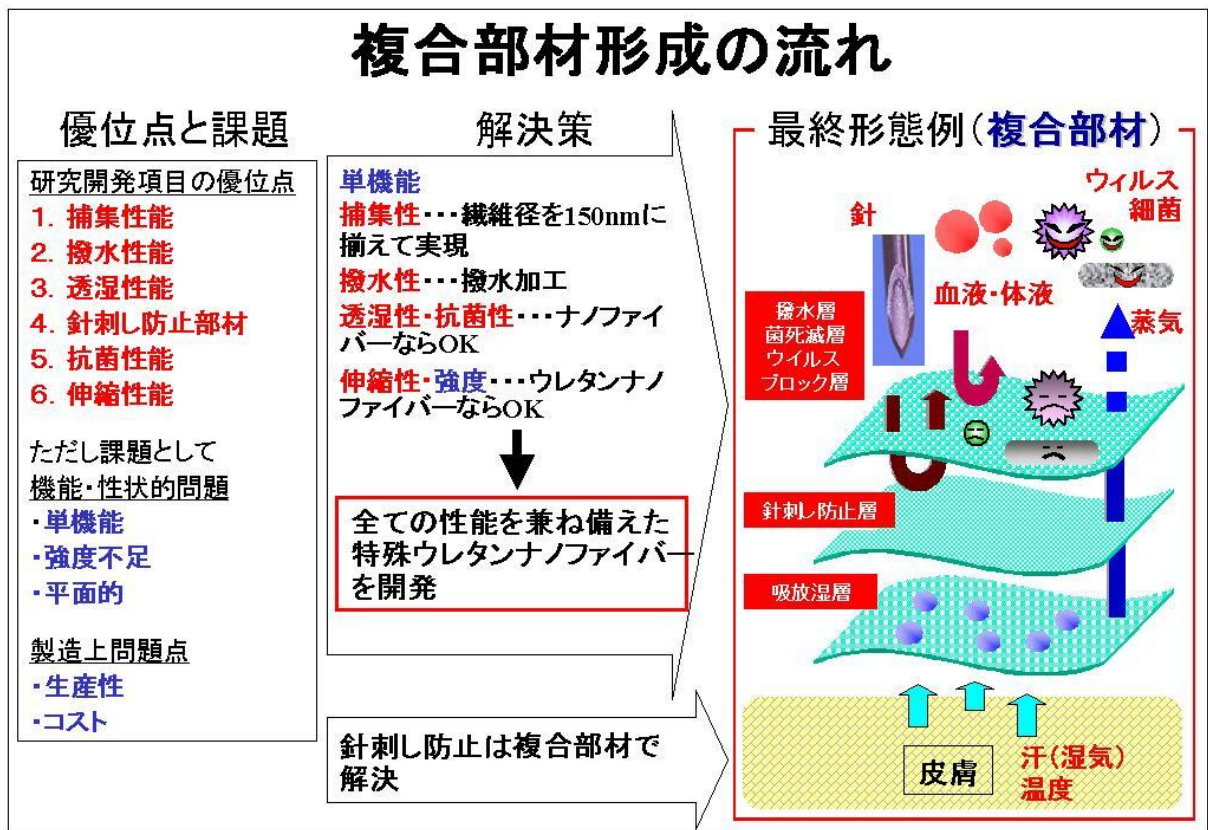


図 2.5.2.2-12 複合部材形成の流れ

機能の複合化は、開発した機能部材を積層することで実現した。ナノファイバー層にいくつもの機能性を持たせて複合部材の層を薄くできたことは非常に大きな成果であり、伸縮性も多孔性も損なわずに積層できたことは大きな成果である。

[実用から見た研究開発成果]

表 2.5.2.2-13 に現在市場に出ている商品と比較した優位性をまとめた。

部材 (出口)	方式		原料		使用条件		優劣	
	現行	開発	現行	開発	現行	開発	現行	開発
防護部材 (医療用手袋・ガウン等)	完全遮断	<b>高透湿性 快適部材</b>	フィルム(ゴム、ウタン)	<b>ウタン、セルロースなど豊富</b>	・汗蒸れ等で頻りに交換 ・着用者のストレス大きい(長時間作業不可)	<b>・蒸れなく 快適 フィット感</b>	通気性なし、不快	<b>通気性が あり快適、且つ、ウイルス 保持性もあり、安全</b>
マスク米国規格 N99(75nmウイルス様 微粒子99%カット +245Pa以下の通気性)	捕集能高い場合は、排気弁等の補助装置	<b>排気弁不要</b>	PP、PE等の不織布	<b>ポリ乳酸やセルロース低環境負荷、人体適合、安全</b>	排気弁や酸素ポンプ等で着用者にストレス	<b>・軽量、コンパクト</b>	防護性重視であり、快適性や手軽さは犠牲に	<b>医療や緊急時のみならず、一般的(日常)の予防用でありながら高い防護性能</b>
<b>抗菌性部材</b>	抗菌性物質(抗生物質、抗菌剤等)の配合や被膜	<b>素材樹脂本来の抗菌作用の発現</b>	キサン等の天然抗菌剤の配合・コーティング	<b>多数の普及樹脂(新規ナノファイバー効果)</b>	洗濯等の繰り返しで性能劣化(耐久性不足)	<b>素材元来の抗菌性を利用しているため耐久性が高い</b>	抗菌剤の溶出による副的作用に懸念	<b>新規ナノファイバー効果を利用しているため、安全性・耐久性が高い</b>
<b>防水・防寒ウエア</b>	多孔質フィルムのラミネート	<b>超極細繊維不織布の緻密な繊維間多孔、他素材との複合</b>	フッ素系多孔質フィルムを他素材にラミネート	<b>ウタン(伸縮性用途)セルロース(人体適合、低環境負荷)</b>	伸縮性に乏しく、フィット感がないので、主にアウター用に用途が限定される	<b>ウタン等の伸縮性素材の適用でインナーにも適用でき、用途が限定されな</b>	加工性に乏しい	<b>加工性に優れ、適応範囲が広い</b>

表 2.5.2.2-13 競合技術との比較優位性

上記の基本的な性能に加え、ナノファイバー不織布の強度不足を補う生地の開発に目処が立った。これにより、医療用防護服の新素材として、菌やウイルスは通さず、衣服内の湿度を排出できる快適素材を提供することが可能となった。

また、この生地は医療用のみならず、一般的な衣類、特に冬用の下着等に適用できることも同時に判明した。ナノファイバー不織布は、気孔率70% (空気層)まで設計することができ、空気断熱効果が高い。一般的な発熱性繊維と異なり、発汗を伴わずに空気断熱で保温効果がある点は、今後の高齢化社会において、発汗作用の低下した高齢者でも十分な保温効果を発揮できる。もちろん、ナノファイバー生地は、下着に換算すると一着200g以下であり、非常に軽い。

更に、ナノファイバー不織布の透湿性、通気性、蒸散性もコントロールできることも解りつつある。

### 2. 5. 2. 3 成果の意義

図 2.5.2.3-1 に成果の優位性をまとめた。

図非公開

#### 図 2.5.2.3-1 成果の優位性

##### [高捕集性部材及び技術の開発]

ナノファイバーのスリップフロー効果が発揮されて、ウイルスは通さない微細な孔を持ちつつ、通気抵抗の低い部材を開発できた。これはマスク規格のN99を達成するものであり、補助機構（排気弁や空気ボンベ等）を伴わない、いわゆる、使い捨てマスク用のフィルターを世界で最初（実施者調べ）に開発したという点で有意義である。一般的な防護用マスクへの展開が可能であり、二次感染を防ぐという付加価値も付けられる点で優位性がある。

##### [抗菌性部材の開発]

ナノファイバー自体に抗菌性があるということを見出したのは世界で初めてであり、大変大きな成果である。余計な化学物質を添加せずに抗菌性を発現するという点で優位性がある。医療用手袋や衣類、介護用サニタリーや寝具などに展開することが可能となった。また、医薬品や化粧品、食品包装や保存剤、などに展開すれば防腐剤や抗生物質を用いない製品を開発することができ、様々な分野での応用展開が期待できる点で有意義である。

##### [高透湿性・高撥水性・高弾性部材の開発]

気孔率が70%以上で従来のフッ素系多孔性フィルムラミネート服の2倍以上であり、これに上回る透湿性を持つ、という点において優位性がある。また、ウレタン素材ではこれに加えて高強度・高弾性という性能を持たせることが可能であり、これを用いればこれまでアウター用（防寒着の外張り）に限られていた用途をインナー等に拡大できる。これは非常に優位性がある。また、インナーやスポーツウエアなどに展開するだけでなく、介護医療分野での低刺激性インナーやサポーター、工業用部材で自動車用内装やシートなど様々な分野で応用できる可能性がある。

##### [針刺し防止部材の開発]

針刺し防止は医療現場での事故防止として高いニーズがある。特に使用済みの注射針を二次的事故が起こらないよう医療従事者が針キャップを使用直後に戻す作業が行なわれ、この際の事故が非常に多いことが報告されている。これに対応して一部で針全体を処分する装置も導入が図られているが十分ではない状況である。また手術中にも針刺し事故は起こっている。こうした中でポリウレタンとポリアミドイミドの複合部材によって針刺し抵抗値を上げ、針刺し事故の軽減に繋がる可能性が示されたことは意義があると思われる。今後は更なる針刺し抵抗値向上と3次元立体成型や編織組織等で医療用品へのフィット性向上を行う必要があると考えている。

### 2. 5. 2. 4 成果の発表

日清紡

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT 出願	査読付き	その他	
H18 年度	1 件					
H19 年度	8 件					2 件
H20 年度						1 件
H21 年度			1 件	1 件		1 件
H22 年度			1 件			1 件

#### グンゼ

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT 出願	査読付き	その他	
H18 年度						
H19 年度	5 件					3 件
H20 年度	1 件					1 件
H21 年度	4 件					2 件
H22 年度	1 件		1 件			1 件

#### 成果の詳細

##### 外部発表・論文等

##### 日清紡

発表者	外部発表	内容	効果・反響等
日清紡 HD(株) (単独)	危機管理産業展 2007	日清紡 ガイアコット (抗ウイルス、抗菌、消臭綿 製品)との複合化技術紹 介	防護関係企業、防衛庁関係との情 報交換継続中
日清紡 HD(株)	nanotech2008	NEDO ブースにて東工大 等と出展	400 名程度の来訪と数社へのサン プル供給
日清紡 HD(株)	nanotech2009	NEDO ブースにて東工大 等と出展	300 名程度の来訪と数社へのサン プル供給
日清紡 HD(株)	nanotech2010	NEDO ブースにて東工大 等と出展	300 名程度の来訪と数社へのサン プル供給
日清紡 HD(株)	nanotech2011	NEDO ブースにて東工大 等と出展	300 名程度の来訪と数社へのサン プル供給
日清紡 HD(株)	プラスチック成 形加工学会誌	タイトル「電界紡糸法に より作成した超極細織 維不織布の抗菌活性」	「成形加工」 第 21 巻 第 5 号 2009 年 p287-290

グンゼ

発表者	外部発表	内容	効果・反響等
グンゼ (株)	nanotech2008	NEDO、自社ブースにて出展	400名程度の来訪、国内外から注目される。
グンゼ (株)	nanotech2009	NEDO、自社ブースにて出展	300名程度の来訪
グンゼ (株)	nanotech2010	NEDO、自社ブースにて出展	300名程度の来訪、ナノテク大賞受賞（グンゼ全体として）
グンゼ (株)	nanotech2011	NEDO、自社ブースにて出展	300名程度の来訪
グンゼ (株)	FC エキスポ 2008	自社ブースにて出展	ナノファイバー積層ファブリックを展示、自社顧客に素材提案を行った
グンゼ (株)	AT International 2008	自社ブースにて出展	ナノファイバー積層ファブリックを展示、自社顧客に素材提案を行った

### 3. 安全性の検討

本プロジェクトにおいては高分子ナノファイバー、カーボンナノファイバー、セラミックスナノファイバーが研究開発の対象である。近年特定のアスベストが中皮腫を引き起こすことが報告されて以来、類似の繊維径とアスペクト比を有するカーボンナノチューブ（CNT）が同様の作用をもたらすのではないかと議論の対象となって来た。CNTはナノメートルオーダーの直径と100以上のアスペクト比を有し、超極細繊維（ナノファイバー）の範疇として取り扱うことができる。CNTの安全性に関する研究や議論は国内外を問わず活発に行われているが、高分子ナノファイバー等については体系だった研究は世界的に見てもほとんど行われていない。今後超極細繊維を使用した製品が上市されると共に安全性について問題になる可能性があることから、ここではまず高分子ナノファイバーの安全性試験を行い、今後の研究や議論に対する指針を与えると共に、CNTの安全性に関して海外調査を行い、研究の手法や議論について高分子ナノファイバーに適用することを試みた。CNTの安全性に関しては、米国での調査を行うと共に、国内では安全性のシンポジウムを行った。さらに本プロジェクトに関係する高分子ナノファイバーの安全性試験を行った。

まず、米国調査に関しては、平成20年3月及び平成21年2月に米国国立労働安全衛生研究所（NIOSH）及び環境保護庁（EPA）研究所を訪問し施設の見学と安全性に関するシンポジウムを行った。これらの機関はNNIの開始とほぼ平行してCNTの安全性の評価を行っており、従前からアスベストの安全性に関する膨大なデータも蓄積しており、超極細繊維の安全性に関して多くのデータを有している。さらに2009年6月には東工大において国際ナノファイバーシンポジウム2009を開催した。ここではCNTの安全性に関するブレインストーミングを行った。CNTの安全性に関して専門家である、米・ロチェスター大 G.Oberdoerster 教授、米・国立労働安全衛生研究所部長 V.Castranova 博士、デンマーク・国立安全衛生研究所 N.R.Jacobsen 博士、ドイツ・デュッセルドルフ大 R.Schins 教授、信州大 遠藤守信教授のコメントのあと、聴衆である研究者、技術者、ジャーナリスト等を交え活発の議論を行った。このような形式は世界的にも初めてであり、海外において「東京シンポジウム」として高く評価されている。これらの調査やシンポジウムの結果「CNTは第二のアスベストでは無い」という結論が得られた。

次に、超極細繊維の安全性に関する試験を行った。ナノオーダーの粒子に対する危険性も指摘されているが、一般的に超極細繊維からなるフィルターはこれらの粒子を捕獲することが知られている。本事業では主として既存の高分子材料を使用しているが、材料の化学組成に基づく安全性の試験よりもむしろ、超極細繊維すなわちアスペクト比等「ナノオーダーの直径を有する繊維状物質」という繊維構造上における安全性の確認を行わなければならない。超極細繊維は経皮からよりも吸入により体内に浸入する可能性が高い。本事業で最も問題になるのは、電界紡糸中に飛散するナノオーダーの繊維塵である。装置的には閉鎖系で行われ、完全に回収されることから安全性は確保されていると考えられる。しかし装置の事故等で飛散する場合や製品中から剥離飛散する場合も考えられ、これらの状況を考慮すると超極細繊維の安全性確認は必要である。しかし、これらの物質の安全性試験を行う評価機関は限られている。本研究開発では、全ての超極細繊維について行うのではなく、実用化される物質について行った。



平成18年度は安全性評価機関の調査と安全性評価物質及び安全性試験内容を立案し、検討を行った上で安全性試験の試行を試験機関に依頼した。平成19年度は安全性評価機関による安全性試験を行った。平成20年度も引き続き安全試験内容を立案し安全評価機関による安全性試験を行った。平成21年度 22年度は大量に製造され、実用化される極細繊維に対して物質の安全性試験を含め安全評価機関による安全性試験を行った。これら安全性試験に関して5年間に行った実績を次表に示す。

	材料	項目	投与濃度量	方法	観察
2006年度	PVA	ナノファイバー試験 7日間	0.5 mg/mL 0.5 mg/mL/Kg	単回投与実験	肺
2007年度	PMMA	繊維長 (3,6 μm) の異なるNFの予備実験 7日間	0.5 mg/mL 0.5 mg/mL/Kg	単回投与実験	肺
2008年度	PMMA	繊維長 (3,6 μm) の異なるNFの本実験 日間	560.5 mg/mL 0.5 mg/mL/Kg	単回投与実験	肺
	PMMA	繊維長 (3,6 μm) の異なるNFの予備実験 高濃度 7日間	1.0 mg/mL 1.0 mg/Kg	単回投与実験	肺
2009年度	PAN	NF L/D>50 予備実験	0.5 mg/mL 0.5 mg/mL/Kg	単回投与実験	肺
	CNT	カーボンナノファイバーの肺への予備実験	0.5 mg/mL 0.5 mg/mL/Kg	単回投与実験	肺
2010年度	PAN	PANnanofiber 7日間連続投与実験		単回投与実験	肺
	CNT	カーボンナノファイバーの肺への本実験 90日間		単回投与実験	肺
					肺

表 3-1 安全性試験の実績

安全試験は各試料について（被験物質）をラットに単回経口投与し、毒性を検討した。観察・測定および検査に関しては次の項目に関して行った。

- i. 一般状態
- ii. 体重
- iii. 剖検時の肉眼的観察
- iv. 肺の気管支肺胞洗浄液（BALF）検査
- v. 細胞学的検査

投与後1日3日7日及び長期に関しては56日及び90日(長期)における白血球、好中球、好酸球、リンパ球および貪欲細胞の数の比較（対照群）

- vi. 生化学検査

BALF上清中のLDH及びTP濃度は投与7日後までLDH及びTP濃度について各投与群ともに対照群と比較

vii. 病理組織学的検査

投与後 検査により 1 日、3 日、7 日、28 日、56、90 日における肺胞壁の状態を写真により確認

viii. 統計学的処理

次に、各種高分子ナノファイバーにおける試験結果を報告する。

(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  
次図に PVA 安全性試験の方法及び結果を示す。

**Polyvinyl alcohol ナノファイバーのラットを用いた  
単回経口投与毒性試験**

• **試験目的**

Polyvinyl alcohol ナノファイバーの安全性評価の一環として、被験物質をラットに単回経口投与し、急性毒性を検討した。

• **材料と方法**

Polyvinyl alcohol ナノファイバーを約200mg/mL 水溶液として調製

- **投与** (OECD Testing Guideline TG420(固定用量法)を基に設定)  
予備試験として1匹に500mg/kgを投与し、24時間以上観察したが、明確な毒性がみられなかった。  
予備試験の結果から、本試験として5匹に最高用量の2000mg/kgを投与

図 3-1 PVA ナノファイバーの安全性試験方法

以上の試験において、PVA ナノファイバー200 g/mL の水溶液を 0.01 mL/g 体重の投与液量で、ラットに単回 (2000 mg/kg) 経口投与したが、本試験条件下では急性毒性の症状は認められなかった。

この実験検証を基に以下の実験を行った

(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 (予備試験 2007年度)

次図に平均繊維長の異なる繊維のラット単回気管内投与予備試験方法及び結果を示す。

**平均繊維長の異なる繊維のラット気管内投与試験  
(予備試験 2007年度)**

- ・ **試験目的**  
PMMAナノファイバー (ポリメチルメタクリレート) 3  $\mu\text{m}$  (平均繊維径481nm) 及び6  $\mu\text{m}$  (平均繊維径344nm) の安全性評価の一環として、ラットにおける単回気管内投与による肺の局所刺激性試験を実施
- ・ **材料と方法**  
PMMAナノファイバーを約200mg/mL 水溶液として調製
- ・ **投与** (OECD Testing Guideline TG420(固定用量法)を基に設定)  
予備試験として1匹に500mg/kgを投与し、24時間以上経過を観察  
投与量: 0.5 mg/mL/Kg

図 3-2 平均繊維長の異なる繊維の安全性試験方法 (1)

これらの試験により次のことが明らかとなった。

- ①一般状態及び体重では、投与7日後まで PMMA 3 mm 及び 6 mm の単回気管内投与に関連した変化は認められなかった。
- ②病理組織学的検査、BALF 中の細胞学的検査及び生化学的検査では単回気管内投与後、全例で、投与1日後をピークとして肺への局所炎症反応を引き起こすが、投与7日後までに回復することが明らかになった。

以上の結果より、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) - 1 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 56日間 2008年度)

次図に平均繊維長の異なる繊維のラット単回気管内投与本試験方法及び結果を示す。

**平均繊維長の異なる繊維のラット気管内投与試験  
(本試験56日間 2008年度)**

- ・ **試験目的**  
PMMAナノファイバー (ポリメチルメタクリレート) 3  $\mu\text{m}$  (及び6  $\mu\text{m}$ ) の安全性評価の一環として、ラットにおける単回気管内投与による56日間における肺の局所刺激性試験を実施
- ・ **材料と方法**  
PMMAナノファイバーを約200mg/mL 水溶液として調製
- ・ **投与** (OECD Testing Guideline TG420(固定用量法)を基に設定)  
予備試験として1匹に500mg/kgを投与し、24時間以上経過を観察

図 3-3-1 平均繊維長の異なる繊維の安全性試験方法 (本試験)

これらの試験により次のことが明らかとなった。

- ①一般状態の観察、体重及び病理組織学的検査（脳、心臓、腎臓、肝臓、脾臓）では、PMMAの長さ3  $\mu\text{m}$  及び6  $\mu\text{m}$  の単回気管内投与に関して変化は認められなかった。
- ②肺の病理組織学的検査、BALF中の細胞学的検査及び生化学的検査では単回気管内投与後、全例で、肺への局所炎症反応が認められたが投与7日後までに回復し、以降投与56日後まで各投与群間で差は認められなかった。

以上より、本試験条件下において、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。

### (3)－2 平均繊維長の異なる繊維のラット気管内投与試験（予備試験高濃度 2008年度）

次図に平均繊維長の異なる繊維のラット単回気管内投与予備試験方法及び結果を示す。

#### 平均繊維長の異なる繊維のラット気管内投与試験 （予備試験高濃度 2008年度）

- ・ **試験目的**

PMMAナノファイバー（ポリメチルメタクリレート）3  $\mu\text{m}$ （及び6  $\mu\text{m}$ ）の安全性評価の一環として、ラットにおける単回気管内投与による7日間における肺の局所刺激性試験を実施

- ・ **材料と方法**

PMMAナノファイバーを約200mg/mL 水溶液として調製

- ・ **投与**（OECD Testing Guideline TG420（固定用量法）を基に設定）

予備試験として1匹に1mg/kgを投与し、24時間以上経過を観察

図 3-3-2 平均繊維長の異なる繊維の安全性試験結果（試験方法）

これらの試験により次のことが明らかになった。

- ① 一般状態及び体重及びでは、高濃度 PMMA 3 mm 及び 6 mm の気管内投与に関連した変化は認められなかった。
- ② 病理組織学的検査、BALF中の細胞学的検査及び生化学的検査では気管内投与後、全例で、投与1日後をピークとする肺への局所炎症反応が認められた。この反応は全ての群で投与7日後までに回復した。
- ③ 高濃度（1 mg/mL/kg）で投与を行った本試験条件下において、繊維長に関わらず PMMA による肺への局所刺激性は低いと考えられる

### (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（予備試験 2009年度）

次図にアスペクト比が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予備試験方法及び結果を示す。

## 繊維長／繊維径 > 50 の極細繊維のラット気管内投与試験 (予備試験 2009年度)

- **試験目的**
- **ナノファイバーのアスペクト比(繊維長さ／繊維径)が100以上である定義されている。**
- 今回このようなアスペクト比を持つナノファイバー製造ができず以下の試料で予備実験を行った  
PANナノファイバー (ポリアクリロニトリル) の繊維長(L)／繊維径(D) > 50  
なおファイバー安全性 評価の一環 として、ラットにおける単回気管投与による7日間における肺の局所刺激性試験を実施
- **材料と方法**  
PANナノファイバーを約200mg/mL 水溶液として調製
- **投与**(OECD Testing Guideline TG420(固定用量法)を基に設定)  
予備試験として1匹に0.5mg/kgを投与し、24時間以上経過を観察

### 図 3-4 アスペクト比 > 50 の極細繊維のラット単回気管内投与試験

これらの試験により次のことが明らかとなった。

- ① 一般状態及び体重では、いずれの群も単回気管内投与に関連した変化は認められなかった。
- ② BALF 中の細胞学的検査及び生化学的検査では単回気管内投与後、全例で、投与後肺への局所炎症反応が認められたが、全ての群で投与 3 日後までに回復した。
- ③ この反応は PAN 群で対照群と比較して、より強く認められたが、投与 3 日後の剖検では、対照群と同等なレベルまで低下していた。

以上より、本試験条件下で 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（2010 年度）

次図にアスペクト比が 50 以上のポリアクリロニトリル極細繊維のラット 7 日間反復気管内投与本試験方法及び結果を示す。

**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  
繊維長／繊維径>50の極細繊維のラット気管内投与試験  
(2010年度)**

投与回数 : 予備検討<sup>1)</sup>の結果, PANの単回投与によって投与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。そこで, 生産現場でヒトが暴露される可能性を考慮して7回(7日間)投与とする。

図 3-5 アスペクト比>50 の極細繊維のラット 7 日間反復気管内投与試験

これらの試験により次のことが明らかとなった。

- ① 体重に影響はなかった。
- ② 投与終了後第 1 及び 7 日においては白血球数、好中球及びリンパ球の増加、LDH 及び TP の増加が見られた。これらは投与終了後第 56 日においても継続して増加した。
- ③ 肺の病理組織学的検査では投与終了後第 1 日においては軽度の肺胞マクロファージの集簇、炎症性変化として限局性肺胞壁肥厚及び肺胞内好中球浸潤、軽度～中等度の血管周囲への単核細胞浸潤、軽度の血管周囲への好酸球浸潤及び気管周囲への単核細胞浸潤が認められた。軽度の肺胞マクロファージの集簇及び限局性肺胞壁肥厚は投与終了 56 日後においても認められた。

本試験条件下で 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 (予備試験 2009年度)

次図にある繊維系分布 (平均繊維径 116  $\mu\text{m}$ 、平均繊維長 3.1  $\mu\text{m}$ ) をもつ CNF のラット単回気管内投与予備試験方法及び結果を示す。

**ある繊維系分布をもつCNFのラット気管内投与試験  
(予備試験 2009年度)**

CNFについての安全評価の知見・データがないため、炭素超極細繊維の応用展開を図るためには、製造中の飛散及び製品中から剥離飛散する超極細炭素繊維塵が吸気等により生物内に取り入れられた場合の安全性評価は必須である。

予備試験としてカーボンナノファイバー (CNF) のサンプル (1種類) で短期間投与試験を行い

**材料と方法**

平均繊維径: 116 nm (標準偏差 68 nm)

平均繊維長: 3.1  $\mu\text{m}$  (標準偏差 2.1  $\mu\text{m}$ )

必要量の被験物質を電子天秤にて量り取り、0.12wt%牛血清アルブミンを加えた生理食塩水を投与する

**投与濃度および量**

濃度 0.5 mg/mL 投与量 1mgCNF/ mL/kgラット

**期間**

1日、3日、7日

図 3-6 ある繊維系分布をもつ CNF のラット単回気管内投与予備試験

これらの試験により次のことが明らかとなった。

- ① CNF のラットにおける単回気管内投与による肺の局所刺激試験を実施した。投与検体は濃度を 0.5 mg/ml 吸入量を 1 ml/kg とし対照群には生理食塩水 (SAL)、溶媒対照群には牛血清アルブミン含有生理食塩水 (SAL-BSA) を投与した。
- ② 投与 1, 3 及び 7 日後に麻酔下で放血し右肺より気管支肺胞洗浄液を採取し、BALF の細胞学的検査及び生化学検査を行った。剖検までは一般状態の観察をおこなった。体重変化はなく肺への局所炎症は認められたが 7 日後までには回復した。
- ③ 病理組織学検査では肺泡マクロファージ内に黒色針状物の沈着が観察されたが増加はなかった。

(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 (本試験 2010年度)

カーボンナノファイバー (CNF) のラットにおける単回気管内投与による肺の局所刺激性試験を実施し、投与後第 1, 7, 28 及び 90 日の経過を観察した。次図にある繊維系分布 (平均繊維径 116  $\mu\text{m}$ 、平均繊維長 3.1  $\mu\text{m}$ ) をもつ CNF のラット単回気管内投与本試験方法及び結果を示す。

**ある繊維系分布をもつCNFのラット気管内投与試験  
(本試験 2010年度)**

平成21年度は、予備試験としてカーボンナノファイバー(CNF)のサンプル(1種類)で短期間投与試験を行い、評価データを得た。本年度は、更に長期に亘る投与試験を行い、評価・検証していくこととする。

**図 3-7 カーボンナノファイバーの肺への本実験**

これらの試験により次のことが明らかとなった。

- ① CNF の気管内投与による一般状態及び体重増加に影響はみられなかった。
- ② BALF 中細胞学検査では CNF 群では投与後 1 日では白血球、好酸球数、好中球数又はリンパ球数の増加又は増加傾向及び単核球/マクロファージ比の低下、乳酸脱水素酵素 (LDH) 及び総蛋白 (TP) の増加、MCP-1 の増加及び TNF- $\alpha$  の低下がみられた。これらの変化は、投与後第 90 日では消失していた。
- ③ 病理組織学的検査では肺で血管周囲への単核細胞及び好酸球浸潤、リンパ組織内胚中心形成などの変化がみられた。これらの BALF 中細胞学検査や病理組織学的検査でみられた炎症性反応ないし炎症性反応に伴う変化は投与後 7 日以降に減弱し、投与後第 90 日では消失していた。
- ④ 剖検所見では投与後 1 日から 28 日まで肺葉の淡黒色化がみられ、病理組織学的検査では、肺葉に肺泡マクロファージ及び黒色針状物質沈着が認められた。以上より、本試験条件下で 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ことが明らかになった。



## IV. 実用化・事業化の見通しについて

### 1. 共通基盤技術における実用化・事業化の見通し

#### 1. 1 電界紡糸法

電界紡糸では大型装置に対応した高性能ノズルの開発及び大型装置における電場、溶液、温度、湿度等の制御により、最終目標とした直径 50 nm、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ことができた。さらに高性能ノズルに対応した装置設計、メインフレーム、電源及び電界・流体制御技術の確立により製造速度に関して最終目標である不織布状材料において 60 m/分、コーティングにおいて 300 m/分、フィラメントにおいて 60 m/分を達成した。さらに高性能ノズルに対応したメインフレームおよび超極細繊維コレクターの開発により溶媒回収・再利用、繊維塵回収が極めて容易になった。各国で問題視されている防爆問題が解決した。これらのことにより実用化が可能となり、事業化の見通しがたった。

#### 1. 2 ナノ溶融分散紡糸法

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、最終目標である直径 100 nm、比表面積 1500 m<sup>2</sup>/g の炭素超極細繊維に対し、不融化時間を現状の 1/10 を達成することができた。また小型蓄電池や薄型電池の開発との進捗にもあわせることが可能となり実用化・事業化の見通しがたった。

### 2. 実用化技術における実用化・事業化の見通し

#### 2. 1 パッシブ型燃料電池

最終目標である出力 100 mW/cm<sup>2</sup>、層厚 100 μm に対してほぼ達成見込みが立った。本燃料電池は単位面積当たりの出力が高い。この成果を用いることにより、燃料電池の小型化が可能となり、持ち運びが可能なモバイル燃料電池が実現できる。現在モバイル型燃料電池の市場を開拓中である。

#### 2. 2 小型蓄電池

電極材料としての特性を評価しながら、優れた性能を有する電極材料用炭素超極細繊維を開発した上で、当該炭素超極細繊維を用いた負極材として Li イオンをグラファイト層間に挿入したハイブリッド型のキャパシタ及びその製造プロセスを開発し、最終目標である出力密度 10 kW/L を達成した。エネルギー密度は最終目標には未達であったが、実用化可能なレベルは達成した。最終的に主要用途と考えている自動車用途への採用のためには、信頼性の確保が極めて重要である。そこで、第 1 ステージとして各種携帯機器向け小容量キャパシタで参入し、ついで各種バックアップ電源や移動機器用電源など中容量キャパシタへと拡大し、最終的に自動車用途に展開する。

#### 2. 3 薄型電池

炭素超極細繊維/ラジカル材料複合電極を開発することにより本研究の最終目標であるパワー密度 10 kW/L、エネルギー密度 100 Wh/L、厚さ 0.2 mm を達成することができた。さらに材料面ではラジカル材料の合成時の失活抑制などの基本的な課題の解決およびスケールアップ合成技術の確立、電池作製プロセスの面では量産用インキおよび印刷プロセスの確立、電池特性の面ではアプリケーションから要求される信頼性（サイクル特性、低自己放電性、使用温度に対する耐性）を満足させることにより、市場価値の高い薄型電池が

創出される。この薄型電池は、ICカードなど小型のユビキタスデバイスに搭載でき、市場が要望する、センサー機能、信号発信機能、表示機能などを付与したデバイスの構築を実現化できる。薄型電池搭載のユビキタスデバイスは、すべての人が至る所で、何ら制約を受けず、自由に安心して情報通信サービスを利用できるユビキタスネットワーク社会を実現するためのキーデバイスとなりえる。

#### 2. 4 超超純水プロセスフィルター

高い除去対象物質を立体認識する物質を合成すると同時に、粒子状で金属類除去用フィルターとの併用などで、超超純水製造用有機物除去用フィルターとして最終目標である TOC（全有機炭素）濃度 0.1 ppb 以下を達成できる見通しを得た。また従来は難しいとされていた荷電をもつ物質を用いたイオン交換性物質（イオン交換基としてスルホン酸基）の電界紡糸によるフィルター合成を行い金属類除去用フィルターとして最終目標である 0.01 ppt 以下を達成した。さらに有機物吸着除去と分解機能を有するハイブリッドフィルター合成した。これらのことにより、不純物の徹底的な除去が必要とされる超超純水市場への投入が可能となった。その結果、超超純水装置プロセス用不純物除去フィルター、既設超純水製造装置のアップグレード用不純物除去フィルター、シャットダウンメンテナンス後の垂直立ち上げ用メンテナンスフィルターとしての用途が広がった。

#### 2. 5 超耐熱性無機フィルター

無機材料の適切な選択、電界紡糸による無機超極細繊維と無機繊維を混合してシート化することにより、最終目標である 0.1  $\mu\text{m}$  の直径を有する粒子に対して捕集効率 90 %、初期圧力損失 120 Pa、耐熱性 1000 $^{\circ}\text{C}$ 、超極細繊維繊維径 500 nm 以下を達成することができた。本無機フィルターは加工のために曲げても折れない柔軟性を有している。本フィルターは焼却炉排気ガスの冷却工程が必要なく、有害物質の分解除去も可能となる。その結果、焼却炉排気ガス処理フィルターや高炉排気ガスフィルターといった高温ガス排気処理用としての実用化が可能となった。

#### 2. 6 耐熱性有機フィルターの開発

紡糸用高分子溶液の調整、電界紡糸による有機超極細繊維層に耐熱繊維によるカバー材をかぶせて保護する方法、高温対応バインダ等を用いて有機超極細繊維層と基材との接着を強固にする方法、及びろ材と接触しないようにしてプリーツ加工する方法等を用いることにより、フィルターとしての最終目標である直径 0.1  $\mu\text{m}$  粒子の捕集効率 99 % 以上、初期圧力損失 120 Pa、耐熱性 400 $^{\circ}\text{C}$  を達成した。本耐熱性有機フィルターの開発によって、必要な耐熱性を維持しつつ、現状のガラス繊維では困難であった焼却廃棄が可能となり、かつ低圧力損失で省エネルギーを追求した、高性能の焼却炉用排気ガスフィルター、原子炉塵埃用高性能フィルター、半導体生産工場乾燥炉用フィルター、半導体生産工場用ボロンフリーフィルターとして市場への投入が可能となった。

#### 2. 7 スーパークリーンルーム用部材

高性能ポリマーの溶液の組成の最適化などの超極細繊維化に関する技術確立、活性炭素化超極細繊維に適したポリマーおよび溶液の組成の最適化、超極細繊維を用いた高性能エアフィルターの構造の最適化、評価技術の構築、超極細繊維を用いたエレクトレット化技術の構築、一体成型型の超極細繊維の作製等により、スーパークリーンルーム用部材として初期圧力損失が約 130 Pa で、0.3  $\mu\text{m}$  粒子の捕集効率が 99.97 % 以上とした最終目標を達

成することができた。従来品に比較して半分の圧力損失の達成は、クリーンルーム送風動力運転費のコストダウンに直接つながるため顧客メリットは大きく、高性能かつ低価格のクリーンルーム用部材として大きく市場が広がった。

## 2. 8 ヒューマンインターフェース医療衛生・産業用部材

電界紡糸大型装置の開発に併せてそれぞれの項目に関して次のように最終目標を達成した。

### ① ウイルス完全除去部材の開発

超極細繊維及びその不織布の物理的（繊維径、目付など）と化学的（樹脂種、溶媒、分子量など）要素が、微粒子の捕集性能に及ぼす影響を明らかにしながら、微粒子径 10 nm をほぼ完全に捕集できる部材を開発した。

### ② 血液侵入防止部材の開発

超極細繊維不織布の特徴である高密度繊維表面を利用して、撥水性を高め、表面水滴接触角 150°を実現し、血液汚染等からの防護部材を開発した。

### ③ 着用快適性部材の開発

超極細繊維不織布の繊維間多孔を利用すると共に、吸水あるいは撥水性のある樹脂を超極細繊維化して化学的にも透湿性や人体適合性を付与し、快適な着用感の部材を開発した。その結果、透湿性綿繊維製品を超える 20,000 ml/m<sup>2</sup>/24h を達成することができた。

### ④ 針の刺さらない部材の開発

医療現場では使用済みの注射針を二次的事故が起こらないよう医療従事者が針キャップを使用直後に戻す作業が行なわれ、この際の事故が非常に多いことが報告されている。これに対応するために、針先よりはるかに細い超極細繊維をネットワーク化し、応力を分散することで針刺し事故の軽減を目標に検討した。その結果 0.5 mmΦ の注射針（一般医療用）が刺さらない部材を開発することができた。最終目標とした 0.08 mmΦ（インスリン用）の針が刺さらない部材に関しては、この径を有する針が開発されておらず確認は出来なかった。

### ⑤ 抗菌消臭部材の開発

医療、災害現場での抗菌対策は言うまでも無く必要であり、既存の製品にも抗菌対策を施されたものは極一般的に出回っている。しかしながら、その多くは抗菌性物質を表面にコートしたり、練りこんだりしているため、多量の抗菌剤を使用したり、長時間の使用に耐えなかつたりする。超極細繊維は、その細さゆえに非常に大きな表面積を有していることから、抗菌性物質を含有させた場合、繊維表面と菌の接触確立が上がり、微量でも大きな効果が期待できる。市販材料からなる繊維をナノファイバー化すると抗菌性が出現するなど新たな発見があり大きな成果が得られた。

### ⑥ 複合機能部材の開発

超極細繊維の問題点の一つには、細いがために絶対的強度に乏しいことがある。一般的には、既存の強度部材に積層接着することで補強できるが、超極細繊維不織布の特徴である目付、細孔径や比表面積の大きさを維持したまま接着する技術はまだ確立されていない。また、上記のように開発する機能は、例えば、撥水性と透湿性は同じ部材や製品上で同時に機能しなければ快適性は損なわれるので、超極細繊維同士の積層による複合化は裂けて通れない。接着方法の検討が進み複合機能部材としての開発が大きく進捗した。

## ⑦ 一体成型技術の確立

上記で開発する機能性部材は、殆どが平面部材である。人体に適合させるには3次元の立体的成型体である必要があり、一般的には繊維製品は縫製することで達せられている。しかしながら、超極細繊維部材は、繊維が極細であることが特徴であり、それを既存の太い繊維で縫い合わせることはナンセンスであると同時に、縫製部分の欠陥からウイルスなどの侵入を引き起こす危険性がある。また、製造コストの観点からも、電界紡糸法で紡糸すると同時に成型することは有利である。電界紡糸法による3次元コーティング技術が開発され一体成型技術が確立された。

## ⑧ 複合一体型高機能部材の開発

本開発は、上記で開発する機能や成型技術の集大成である。しかしながら、人体適合性（人間工学的設計など）等に関して初年度より随時研究開発を進め、立体成型用電界紡糸装置の開発につながった。

以上の結果、超極細繊維、超極細繊維構造体からなる衣料用部材、一般産業用部材が開発され、従来の繊維および繊維構造体では成しえなかった機能性を大きく向上させ、超快適性の付与または付加価値、または環境に配慮した素材を提供ことが可能となった。その結果医療・衛生部材のみならず様々な分野に用途が広がった。本研究開発から生まれた各種用途の例を次に示す。

### 1. 衣料用途

- ・快適衣料肌着、パンスト、靴下等)、スポーツ用衣料、スマート衣類
- ・猛暑環境下、悪環境下での身体防御部材
- ・次世代身体強化部材

### 2. 一般産業用途

- ・高強度、高耐熱のナノファイバー、アスベスト代替え
- ・防護服、防災製品
- ・耐熱性のミシン糸
- ・クリーンルーム用部材、衣服、靴、手袋など
- ・微細繊維フィルター、半導体のプロセス用、
- ・機能性メンブレンの補強材用途

### 3. 医療用途

- ・医療用衛生部材（マスク、ガーゼ、手袋など）
- ・吸収性医療材料、細胞培養用足場。

### 4. ナノ製造加工技術

上記製品化に伴い、ナノ繊維とその繊維構造物の生産装置開発販売。その加工装置の開発販売や特許などの知的財産権、ノウハウのライセンスビジネス

## V. 成果資料

### 1. 各種展示会での成果の発表

大学・法人・企業名	展示内容
日清紡 (2007/10/17～19)	危機管理産業展（東京ビッグサイト） ・ ナノファイバー不織布を日清紡「ガイアコット」へ積層した複合化部材の試作品展示 ・ ウレタンナノファイバー不織布の試作品展示
NEDO・東京工業大学 他 (2008/2/13～15)	ナノテク2008(東京ビッグサイト) ・ 集中研：各種ナノファイバーシート ・ NEC：薄型電池 ・ 日清紡：ナノファイバーを使用した手袋 ・ グンゼ：ナノファイバー下着
グンゼ (2008/2/27～29)	第4回国際水素・燃料電池展（FC EXPO2008） ・ ナノファイバー不織布とポリエステルメッシュ生地を積層した複合部材の試作品展示 ・ ナノファイバー不織布(ウレタン、ナイロン)の試作品展示
グンゼ (2008/7/23～25)	AT International（幕張メッセ） ・ ナノファイバー不織布とポリエステルメッシュ生地を積層した複合部材の試作品展示(約15cm角) ・ ナノファイバー不織布（ウレタン、ナイロン）の試作品展示(約15cm角) ・ ナノファイバー不織布(ナイロン)の試作品展示(約50cmX約100cm角)
NEDO・東京工業大学 他 (2009/2/18～20)	ナノテク2009（東京ビッグサイト） ・ 集中研：電界紡糸法によるナノファイバー、ナノ熔融紡糸法によるCNT、フィルターへの応用 ・ NEC：薄型電池への応用 ・ 日清紡：抗菌剤 ・ グンゼ：ナノファイバー下着
グンゼ(単独) (2009/2/18～20)	ナノテク2009（東京ビッグサイト） ・ ナノファイバー反物

<p>N E D O・東京工業大学 他 (2010/2/17～19)</p>	<p>ナノテク2010(東京ビッグサイト)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・集中研：ナノファイバーロール物、ナノファイバー各種シート、静電溶融電界紡糸法によるサンプル、CNTサンプル、キャパシタ他応用製品</li> <li>・NEC：薄型電池他</li> <li>・日清紡：消臭ナノファイバー</li> <li>・グンゼ：ナノファイバー下着</li> <li>・東洋紡：クリーンルーム用フィルター</li> <li>・日本エアフィルター・帝人・帝人テクノプロダクツ：有機ナノファイバーフィルタ、無機ナノファイバーフィルタ</li> </ul>
<p>グンゼ(単独) (2010/2/17～19)</p>	<p>ナノテク2010(東京ビッグサイト)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ナノファイバー不織布と合繊生地を積層したインナー試作品を展示</li> </ul>
<p>N E D O・東京工業大学 他 (2011/2/16～18)</p>	<p>ナノテク2011(東京ビッグサイト)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・集中研：ナノファイバー長尺ロール物、CNTサンプル</li> <li>・帝人：キャパシタ他応用商品</li> <li>・NEC：薄型電池他</li> <li>・日清紡：抗菌性ナノファイバー、マスク、消臭ナノファイバー</li> <li>・グンゼ：快適インナー</li> <li>・東洋紡：ナノファイバーエアフィルター</li> <li>・日本エアフィルター・帝人・帝人テクノプロダクツ：有機ナノファイバーフィルター、無機ナノファイバーフィルター</li> </ul>

## 2. 新聞、雑誌記事

No	掲載紙	年月日	内容
1	応セラ研ニュー ースレター	2007/3/16	ナノ溶融分散紡糸法による炭素ナノファイバー の創製
2	化学工業日報	2007/4/20	ナノファイバー国際シンポジウムの紹介記事
3	日本繊維新聞	2007/4/19	同上
4	日本繊維新聞	2007/4/20	同上
5	繊維研究新聞	2007/4/20	同上
6	日本繊維新聞	2007/5/22	私論試論「ナノファイバー研究」
7	日経産業新聞	2007/6/8	国際ナノファイバーシンポジウム紹介
8	日刊工業新聞	2007/6/8	国際ナノファイバーシンポジウム紹介
9	日経産業新聞	2007/9/13	イノベーションの潮流「ナノ繊維で産学官連携 より豊かで持続可能な発展へ～新たな世界を創 る”夢・科学”特集でナノファイバーを紹介
11	科学新聞	2008/2/8	シリーズ NEDO 戦略 7 = NEDO 講座：ナノファ イバーイノベーション創出＝開講式紹介 新産 業を拓く”ナノファイバー”東工大拠点に人材育 成など展開へ
12	日経 B P techno.Nikkeibp NEWS	2008/2/15	【nano tech】「素材の産業革命が起きる」－NEDO がナノファイバーの大型量産装置の開発に成功
13	日経サイエン ス	2008/3	5 年先の基盤技術と期待、ナノファイバーテク ノロジー
14	日刊工業新聞	2008/7/4	「CNT 広がる不安」の記事において谷岡教授の 意見を紹介。リスク管理さえ徹底すれば危険は 防げる。製造現場で CNT を外に出さないこと。
15	日本繊維新聞	2008/7/8	ナノファイバー相次ぎ事業化(帝人・東レが量産 技術)
16	日刊工業新聞	2008/7/16	「レーザー」カーボンナチューブの安全性について
17	日刊工業新聞	2008/7/31	炭素繊維不織布に柔軟性、電極への応用も。フ ェノール樹脂を材料に電界紡糸法を利用して作 成。
18	日刊工業新聞	2008/11/1	電界紡糸法により作製した高蛍光性ポリイミド ナノファイバー積層フィルムでは、スピンコー ト法により作製したフィルムと比較して蛍光強 度の著しい増加が確認された。
19	日刊工業新聞	2008/11/13	CNT 消えない不安、中皮種・がんの可能性 中立的な試験機関が必要、「ナノ材料の安全性 評価及び管理に関する現状と展望」

20	大学情報 FAX スタンダード	2008/12/2	ナノファイバー学会設立記事、学会事務所など紹介
21	石油化学新聞 日刊通信	2008/12/2	ナノファイバー学会設立記事、安全性調査や応用プロジェクトなどを実行
22	化学工業日報	2008/12/2	ナノファイバー学会設立記事 10日発足、無機、有機、金属3学際を網羅
23	ビジネス アイ	2008/12/2	ナノファイバー学会設立記事、産学連携で量産体制構築
24	日経産業新聞	2009/1/14/	太陽電池で新技術 色素増感型の発電効率向上技術を開発 0.1~1 $\mu$ mの炭素繊維の表面に針状の酸化亜鉛の繊維が並んだ構造。電極の表面が針状になって電子がながれやすくなった。
25	日刊工業新聞	2009/1/26	”レーザー”谷岡教授「付き合い方が大事」→CNTの安全性について「まったく安全な物質などない。納得のいく安全管理体制の構築と言った『付き合い方』が大事」
26	日経産業新聞	2009/1/29	先端技術・先端人 谷岡明彦氏紹介 ナノファイバー世界へ ITや医療革命の種に
27	日経産業新聞	2009/2/5	新人脈、地脈「ナノファイバー学会」異分野融合研究領域広く
28	日刊工業新聞	2009/2/18	ナノテク 2009 東工大開発紹介 ナノテク下着公開
29	日経産業新聞	2009/2/24	2030年への挑戦一次世代産業技術ー先端技術・医療 ナノファイバー上 ナノファイバーの応用：色素増感型太陽電池、燃料電池および京大平尾教授のガラス内ナノファイバーの紹介
30	日経産業新聞	2009/2/25	2030年への挑戦一次世代産業技術ー先端技術 ナノファイバー下 東北大中山准教授の金属ナノファイバーを紹介。有機・無機・金属の総合力が米国を抜く。
31	化学工業日報	2009/3/27	国際ナノファイバーシンポジウムの紹介
32	日刊工業新聞	2009/5/28	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー① エレ・医療・衣料などに普及へ 高い機能で用途拡大 市場規模 6.5兆円
33	日刊工業新聞	2009/6/2	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー② ナノ材料の安全性 評価の基準づくり必要



34	日刊工業新聞	2009/6/4	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー③ 三つの製造方法 「戦える」水準へ技術に磨き
35	織研新聞	2009/6/4	談話室 谷岡教授談話 ナノファイバーは十数年後には世界で約 6 兆円の市場規模まで成長すると注目されている。 高速大量生産技術は世界一、新型エアフィルターが実用化の代表格
36	日本繊維新聞	2009/6/8	ナノファイバー ”産官学一体”進む研究開発 市場は 10 年後 6.5 兆円 超高性能を生み出すナノファイバー 世界は日本を注視
37	日刊工業新聞	2009/6/9	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー④ ES 法内外で新技術 低コスト・高速装置で普及へ
38	日刊工業新聞	2009/6/11	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー⑤ 用途広い複合紡糸法 商品化で日本勢優位
39	日刊工業新聞	2009/6/16	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー⑥ 障壁は用途開発 “メーカー”物語作り”に苦心
40	日本繊維新聞	2009/6/17	東工大「国際ナノファイバーシンポジウム 2009」最先端情報を一堂に 7カ国 30人超の研究者が講演
41	日刊工業新聞	2009/6/18	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー⑦ ユニークな特性 中長期的な姿勢で用途開発
42	日刊工業新聞	2009/6/23	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー⑧ セルロースナノファイバー 天然由来で環境負荷低減
43	化学工業日報	2009/6/23	国際ナノファイバーシンポで議論 CNTは第2のアスベストにはならない リスク踏まえ適切対応を ガイドライン整備など提言
44	日刊工業新聞	2009/6/25	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー⑨ 安全性の確保 各国協調で管理指針作成へ
45	日刊工業新聞	2009/6/30	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー⑩ 米国の最新動向 (上) 応用研究で欧日引き離す

46	日刊工業新聞	2009/7/2	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー⑪ 米国の最新動向（下） 軍関連の研究 積極化
47	日刊工業新聞	2009/7/7	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー⑫ チョウの羽を再現 光の干渉で色生み出す
48	日刊工業新聞	2009/7/9	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー⑬ 東レの技術ブランド ナノ加工でコア技術開発
49	日刊工業新聞	2009/7/14	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー⑭ バイオ関連の展開 再生医療へ貢献を模索
50	日刊工業新聞	2009/7/16	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー⑮ 真のナノテク領域 CNTがブーム牽引
51	日刊工業新聞	2009/7/23	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー⑯ 単層 CNT 量産 低コスト化へ開発競う
52	日刊工業新聞	2009/7/28	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー⑰ 進む CNT 研究 新たな特性を生み出す
53	日刊工業新聞	2009/7/30	～加速する次世代材料研究 未来へ伸ばせ ナノファイバー⑱ 期待される”この先” 国際競争力維持へ産学官協力（最終版）
54	日刊工業新聞	2009/8/14	ナノファイバー学会法人化記念で講演会 来月18日 NPO 法人化したことを記念した特別講演会「身近にあるマイクロエネルギーとナノファイバーの関係」がメインテーマ
55	日経産業新聞	2009/11/13	炭素ナノファイバーを帝人・東工大、量産技術を開発。電気3割通しやすくEV電池出力アップ 高分子学会第18回ポリマー材料フォーラムで発表内容
56	日経産業新聞	2010/1/1	次の10年へ 未来を読む 生活を変える技術 キーワード3「サービスロボット、エコカー、新素材」
57	日刊工業新聞	2010/2/4	グラフェンナノリボン量産化、米ライス大が生成法開発、トランジスタなどに応用、オープンソース方式で課題解決へ

58	日刊工業新聞	2010/2/12	「ナノテク成果開花」 テーマはグリーン、NEDO 展示会に出展 JAF とグンゼはナノファイバーを使った高機能製品を展示する。JAF は圧力損失の低いフィルターを、グンゼは群れず薄く軽く暖かい下着「ナノフォーム」を提案。
59	日経産業新聞	2010/2/12	肌着にナノサイズ繊維 グンゼが開発 暖かく蒸れにくい 開発品は「ナノウォーム」エラストマー系の高分子からナノファイバーを作成。
60	日刊工業新聞	2010/2/19	「ナノテク大賞にグンゼ」ナノテク実行委ーナノファイバーを用いた高機能性肌着などナノテクの"出口"をアピールした点が評価されたー
61	日経産業新聞	2010/2/25	日本エアー・フィルター ナノ繊維で空調省エネ 電力 4 割減 空気抵抗少なく
62	日刊工業新聞	2010/10/18	大学の研究室から 浸透圧を利用して発電 環境技術の実現を後押し
63	朝日新聞（関東版、関西版）	2010/11/5	薄く曲がる電池、13 年実用化 NEC 携帯電話搭載目指す
64	Polyfile	2010/11 月号	メソフェーズピッチを用い、ナノ溶融分散紡糸法で得られた CNF の粉体体積抵抗率など本材料の基本物性及び形態を紹介

### 3. 論文リスト

No	発表日	著者	所属	題名	雑誌等の名称	巻・号・ページ	査読
1	2009/4/20	大串由紀子 他	日清紡、東京工業大学	電界紡糸法により作成した超極細繊維不織布の抗菌活性	成形加工	第 21 巻・第 5 号 2009 年 P 287-290	有り
2	2009	皆川美江他	東京工業大学	Simulation study on the influence of electric field on water evaporation	学術雑誌 Journal of Molecular Structure: Theochem	Vol. 904, No.1-3, pp. 83-90 2009.	有り

#### N E D O 講座

No	発表日	著者	所属	題名	雑誌等の名称	巻・号・ページ	査読
1	2008	松本英俊他	東京工業大学	Carbon nanotubes on carbon fabrics for flexible field emitter arrays	学術雑誌 Applied Physics Letters	Vol. 93, No. 5, pp. 053107/1-05 3107/3, 2008.	有り
2	2008	松本英俊他	東京工業大学	Photoelectrochemical cell using dye sensitized zinc oxide nanowires grown on carbon fibers	学術雑誌 Applied Physics Letters	Vol. 93, No.13, PP. 133116/1-13 3116/3, 2008.	有り
3	2008	松本英俊他	東京工業大学	ZnO nanowire and WS2 nanotube electronics	学術雑誌 IEEE Transactions on Electronic Devices	Vol. 55, No. 11, pp. 2988-3000, 2008.	有り
4	2009	松本英俊他	東京工業大学	PVDF/PMMA composite nanofiber fabricated by electrospray deposition: Crystallization of PVDF Induced by solvent extraction of PMMA component	学術雑誌 Journal of Applied Polymer Science	Vol.112, No.4, pp. 1868-1872, 2009.	有り

5	2009/5/15	松本英俊他	東京工業大学	Preparation of PVDF/PMMA nanofibers by electrospray deposition: effects of blending ratio and humidity	学術雑誌 Polymer Journal	Vol.4, No. 5, pp. 402-406, 2009.	有り
6	2009	松本英俊他	東京工業大学	Synthesis and characterization of carbon nanotube grown on flexible and conducting carbon fiber sheet for field emitter	学術雑誌 Diamond and Related Materials	Vol. 18, No. 2-3, pp. 341-344, 2009.	有り
7	2009/12/15	松本英俊他	東京工業大学	Phenolic resin-based carbon nanofibers prepared by electrospinning: additive effects of poly(vinyl butyral) and electrolytes	学術雑誌 Polymer Journal	Vol. 4, No. 12, pp. 1124-1128, 2009.	有り
8	2010.4.23 (インターネット公開)	松本英俊他	東京工業大学	Nanomaterial-enhanced all-solid flexible zinc-carbon batteries	学術雑誌 ACS Nano	Vol. 4, No.5, pp. 2730-2734, 2010	有り
9	2010/9/15	松本英俊他	東京工業大学	Control over internal structure of liquid crystal polymer nanofibers by electros	学術雑誌 Macromolecular Rapid Communications	Vol. 3, No. 18, pp. 1641-1645 2010.	有り
10	2011.1.26(インターネット公開)	松本英俊他	東京工業大学	Top-down process based on electrospinning, twisting, and heating for producing one-dimensional carbon nanotube assembly	学術雑誌 ACS Applied Materials & Interfaces	Vol.3, No.2, pp.469-475, 2011	有り
11	2009/10/10	松本英俊他	東京工業大学	東工大 NEDO 特別講座のアクティビティ～ナノファイバーイノベーションの実現を目指して	学術雑誌 繊維学会誌	Vol. 65, No. 10, pp. 369-372, 2009	なし

12	2010/6/1	松本英俊	東京工業大学	欧米におけるナノファイバー研究の最新動向	工業材料	Vol. 58, No. 6, pp. 22-25, 2010.	なし
13	2010/5/1	松本英俊	東京工業大学	ナノファイバー膜-エレクトロスピニングによる膜の作製とその応用	学術雑誌 膜	Vol. 35, No. 3, pp. 113-118, 2010.	有り
14	2010/7/16	松本英俊他	東京工業大学	欧米におけるウェアラブルエレクトロニクス研究の動向	学術雑誌 ナノファイバー学会誌	Vol. 1, No. 1, pp. 49-52, 2010	なし
15	2010/7/16	松本英俊他	東京工業大学	カーボンナノファイバー表面へのナノ構造体の階層的ハイブリッド化とフレキシブル電極への応用	学術雑誌 ナノファイバー学会誌	Vol. 1, No. 1, pp. 23-26, 2010	なし
16	2010/11/10	松本英俊他	東京工業大学	カーボンナノファイバーのフレキシブル電子デバイスへの応用	加工技術	Vol. 45, No. 11, pp. 698-703, 2010	なし

#### 4. 口頭発表リスト

No	発表日	著者・発表者	所属	題名	学会等の名称	巻・号・ページ	備考（開催場所）
1	2007/11/28-30	安田榮一 他	東京工業大学	ピッチへのヨウ素吸収	第34回炭素材料学会年会		ビーコンプラザ別府市国際会議場
2	2008/7/13-18	安田榮一 他	東京工業大学	ヨウ素の挙動	CARBON 2008		ポテルメトロポリタン長野
3	2008/9/25	五十住 宏他	DIC (株)	ラジカルポリマー/炭素繊維複合電極の電荷移動特性	高分子学会第57回高分子討論会	P4325	大阪市立大学
4	2008/12/3-6	安田榮一 他	東京工業大学	等方性ピッチ+ヨウ素 炭素化挙動	第35回炭素材料学会年会		筑波大学 (大会会館・総合交流会館)
5	2009/5/7	安田榮一 他	東京工業大学	ヨウ素を吸収した炭素質液晶のヨウ素の挙動	炭化物利用研究会 (京都工芸繊維大)		
6	2009/11/26-27	安田榮一 他	東京工業大学	ピッチを用いたカーボンナノファイバー	高分子学会第18回ポリマー材料フォーラム	予稿集1 P B07	タワーホール船堀
7	2009/12/1-3	小村伸弥 他	帝人 (株)	キャパシタ用カーボンナノファイバー	第36回炭素材料学会年会	要旨集 114頁	仙台市戦災復興記念館
8	2009/12/1-3	安田榮一 他	東京工業大学	ピッチを用いたカーボンナノファイバー	第36回炭素材料学会年会	要旨集 377頁	仙台市戦災復興記念館
9	2009/10/20-23	五十住 宏他	DIC (株)	有機ラジカル電池の正極に用いるラジカルポリマー	1st FAPS Polymer Congress	P 433	名古屋国際会議場
10	2009/12/1-3	安田榮一 他	東京工業大学	CNF 表面状態の制御	第36回炭素材料学会年会	要旨集 100頁	仙台市戦災復興記念館
11	2010/6/1-2	山口貴義 向井絵美 他	東京工業大学	電圧一定条件下の電界紡糸においてノズル-コレクター間距離が作製されるナノファイバーの繊維径及び繊維径分布に与える影響について調べた。	第21回プラスチック成形加工学会年次大会	D-101	タワーホール船堀
12	2010/6/1-2	向井絵美 他	東京工業大学	電界紡糸法において紡糸ノズルの素材が作製されるナノファイバーの繊維径及び繊維径分布に与える影響について調べた	第21回プラスチック成形加工学会年次大会	P24	タワーホール船堀

13	2010/6/16-18	山口貴義 他	東京工業大 学	電界紡糸法によっ て作製したサンプ ルのフィルター特 性を測定した。織 維径の減少ととも に圧力損失も減少 することを確認 し、ナノファイバ ーのスリップフロ ー現象について論 じた。	平成22年度 繊維学会年次 大会	65巻1 号 3G12	タワーホー ル船堀
14	2010/6/29	山口貴義 他	東京工業大 学	電界紡糸法により 作製したナノファイ バー不織布フィル ター素材の圧力 損失と捕集効率を 評価することで、 スリップフロー効 果について検討し た。	ナノファイバ ー学会第1回 年次大会	P18	東京工業大 学
15	2010/6/29	向井絵美 他	東京工業大 学	電界紡糸法により 作製したナノファイ バーの衛生部材 への応用展開につ いて検討した。	ナノファイバ ー学会第1回 年次大会	P19	東京工業大 学
16	2010/9/27-28	向井絵美 他	東京工業大 学	電界紡糸法におい て紡糸ノズルの素 材が作製されるナ ノファイバーの織 維径及び繊維径分 布に与える影響に ついて調べた	平成22年度織 維学会秋季研 究発表会	65巻3 号 1P12	山形大学
17	2010/8/30-9/1	谷岡明彦 他	東京工業大 学	導電性ナノファイ バーの応用と将来 展望について Hierarchical Hybridization of 1-D Nanostructures on Electrospun Carbon Nanofibers and Applications for Flexible Electrodes	第3回ナノフ ァイバーミレ ニアム国際 会議 NANOFIBERS FOR THE 3rd MILLENNIUM		米国ノース カロライナ 州 ローリ ー・マリオ ット・シテ ィセンター
18	2010/12/1～3	安田榮一 他	東京工業大 学	カーボンナノファイ バー (CNF)の濡れ性 について報告。「弱 く吸着したガス」 について CNFの電気伝導 度の予測。体積抵 抗率を繊維径と織 維長の関係につ いてモデル計算。	第37回炭素材 料学会年会	要旨集42 頁	兵庫県立大 学(姫路市 民会館)



19	2010/12/1～3	小村伸弥 他	帝人（株）	易黒鉛化性KOH賦活炭の充放電機構を明らかにする為に、ポリマーブレンド紡糸法によって新規開発された易黒鉛化性活性炭ナノ繊維をEQCM分析（電気化学水晶振動子マイクロバランス法）し、充放電機構について考察した。	第37回炭素材料学会年会	要旨集 22 頁	兵庫県立大学（姫路市民会館）
20	2011/3/29～31	小村伸弥 他	帝人（株）	易黒鉛化性KOH賦活炭の充放電機構を明らかにする為に、ポリマーブレンド紡糸法によって新規開発された易黒鉛化性活性炭ナノ繊維をEQCM分析（電気化学水晶振動子マイクロバランス法）し、充放電機構について考察した。	電気化学会（電気化学会第78回大会）	予稿集 1 C 1 9	横浜国立大学

N E D O 講座

No	発表日	著者	所属	題名	学会等の名称	巻・号・ページ	備考（開催場所）
1	2008/5/14-16	松本英俊 他	東京工業大学	Characterization of wetting behavior on surfaces of nanofiber fabrics	Fiber Society's Spring Conference（口頭発表）	pp.52.	ENSISA, Mulhouse, France
2	2008/5/28-30	松本英俊 他	東京工業大学	カーボンファイバーファブリック上に成長させたカーボンナノチューブの電子放出特性	第57回高分子学会年次大会（ポスター発表）	Vol. 57, No. 1, pp. 1372.	パシフィコ横浜
3	2008/5/28-30	松本英俊 他	東京工業大学	電界紡糸法によるナノ細径化カーボンファイブリックの作製	第57回高分子学会年次大会（ポスター発表）	Vol. 57, No. 1, pp. 1201.	パシフィコ横浜
4	2008/5/28-30	松本英俊 他	東京工業大学	電界紡糸法により作製した生分解性高分子ファブリックの形状記憶効果	第57回高分子学会年次大会（ポスター発表）	Vol. 57, No. 1, pp. 1200.	パシフィコ横浜
5	2008/5/28-30	松本英俊 他	東京工業大学	電界紡糸法により作製した蛍光性ポリイミドナノファイバーの光学特性	第57回高分子学会年次大会（ポスター発表）	Vol. 57, No. 1, pp. 1240.	パシフィコ横浜
6	2008/6/3-5	松本英俊 他	東京工業大学	ナノファイバーコート表面の濡れ制御	プラスチック成形加工学会の第19回年次大会（口頭発表）	pp. 181-182.	タワーホール船堀
7	2008/6/18-20	松本英俊 他	東京工業大学	電界紡糸法によるカーボンファイバーファブリックの作製	平成20年度繊維学会年次大会（口頭発表）	Vol. 63, No. 1-2, pp. 47.	タワーホール船堀

8	2008/6/18-20	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法によるシリ カベースナノファイ バーの作製	平成 20 年度 繊維学会年次 大会（口頭発 表）	Vol. 63, No. 1-2, pp. 45.	タワーホー ル船堀
9	2008/6/18-20	松本英俊 他	東京工業 大学	エレクトロスプレー 法により作製した PVDF ナノファイバ ーの微細構造	平成 20 年度 繊維学会年次 大会	Vol. 63, No. 1-2, pp. 23.	タワーホー ル船堀
10	2008/6/18-20	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法による高 分子電解質ファイバ ーの形態制御	平成 20 年度 繊維学会年次 大会（ポスタ ー発表）	Vol. 63, No. 1-2, pp. 442.	タワーホー ル船堀
11	2008/7/9-11	松本英俊 他	東京工業 大学	Biological ion-exchange nanofibre fabrics by electrospinning	IEX2008（ポ スター発表）	Recent Advances in Ion Exchange Theory and Practice (Proceedin gs of the Society of Chemical Industry Conferenc e on Ion Exchange, IEX 2008), pp.495-49 9	University of Cambridge, Cambredge, UK
12	2008/8/28-29	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法により作 製した PVDF/PMMA コンポジットナノフ ァイバーの結晶化	第 17 回繊維 連合研究発表 会	pp. 10.	奈良女子大 学
13	2008/9/24-26	松本英俊 他	東京工業 大学	カーボンファイバー ファブリック上に成 長させたカーボンナ ノチューブの電子放 出特性	第 57 回高分 子討論会（口 頭発表）	Vol. 57, No. 2, pp. 3949-3950 .	大阪市立大 学
14	2008/9/24-26	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法により作 製した生分解性高分 子ファブリックの形 状記憶効果	第 57 回高分 子討論会（口 頭発表）	Vol. 57, No. 2, pp. 3899-3900 .	大阪市立大 学
15	2008/9/24-26	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法による蛍 光性ポリイミドの蛍 光取り出し効率の向 上と発行角度の拡大	第 57 回高分 子討論会（口 頭発表）	Vol. 57, No. 2, pp. 4514-4515 .	大阪市立大 学
16	2008/9/24-26	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸によるポリ フッ化ビニリデンナ ノファイバの固体 19 F M A S NMR 法 を用いた結晶構造解 析	第 57 回高分 子討論会（口 頭発表）	Vol. 57, No. 2, pp. 3550-3551 .	大阪市立大 学
17	2008/12/5	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法によるカ ーボンナノファイバ ーファブリックの作 製	第 46 回高分 子と水に関す る研究会（口 頭発表）	pp. 3-4.	東京工業大 学

18	2008/12/5	松本英俊 他	東京工業 大学	薄膜構造設計を目標 した新規有機半導体 の合成と物性、	第46回高分子と水に 関する研究会（口頭 発表）	pp. 5-6.	東京工業 大学
19	2008/12/5	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法による蛍 光性ポリイミドの蛍 光取り出し効率・蛍 光量子収率の向上	第16回日本 ポリイミド・ 芳香族系高 分子会 議	Vol. 17, No. 1, pp. 3.	豊橋技術科 学大学
20	2008.12.11-13	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法を用いた オリゴチオフェン誘 導体の薄膜化	第35回有機 典型元素討 論会（ポス ター発表）	pp. 399-400.	首都大学東 京
21	2009/3/2-4	松本英俊 他	東京工業 大学	電界放出のためのカ ーボンファイバー上 のカーボンナノチュ ーブの成長	第36回フラ ーレン・ナ ノチューブ 総合シ ンポジウ ム、		名城大学
22	2009/3/7	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法により作 製したキトサンナノ ファイバーの界面荷 電特性とDNA吸着 性	シンポジウ ム「ナノ、 バイオ、 環境科学 の基礎と しての界 面動電現 象」（ポ スター 発表）	pp. P.5.	筑波大学
23	2009/3/11-12	谷岡明彦 他	東京工業 大学	Surface wetting behavior of nanofiber matrix	Nanofibers for the 3rd millenium - Nano for Life(招待講 演)	Conferenc e proceedin gs of Nanofiber s for the 3rd millenni um — Nano for Life, pp. 66-69	Prague,cz ech republic
24	2009/4/1	松本英俊 坪井一真 他	東京工業 大学	エレクトロスプレー 法により作製された PVDFナノファイバ ー薄膜の強誘電特性	第56回応用 物理学関係連 合講演会(ポ スター発表)	No. 3, pp. 1313.	筑波大学
25	2009/4/13-17	松本英俊 他	東京工業 大学	Efficient carbon nanotube filed emitter using electrospun carbon nanofibers as a flexible electrode	2009 MRS Spring Meeting（口頭 発表）	Materials Research Society Symposiu m Proceedin gs, Vol. 1173E, pp. 1173-U06- 03.	San Francisco,C A,USA
26	2009/4/13-17	坪井一真 他	東京工業 大学	Surface plasmon resonance with electrospun nanofibers on gold surface	2009 MRS Spring Meeting（口頭 発表）	Materials Research Society Symposiu m Proceedin gs, Vol. 1173E, pp. 1173-U06- 05.	San Francisco,C A,USA

27	2009/6/18-20	松本英俊 他	東京工業 大学	Photoelectrochemical characterization of zinc oxide nanowires grown on carbon fibers	Internanitonl Nanofiber Symposium 2009 (ポスタ ー発表)	No. 3, pp. 139.	Tokyo Institute of Technology
28	2009/6/18-20	松本英俊 他	東京工業 大学	Flexible and highly porous carbon nanofiber fabrics produced by electrospinning	Internanitonl Nanofiber Symposium 2009 (ポスタ ー発表)	No. 3, pp. 117.	Tokyo Institute of Technology
29	2009/6/18-20	松本英俊 他	東京工業 大学	Characterization of ferroelectric properties of uniaxially oriented PVDF nanofiber	Internanitonl Nanofiber Symposium 2009 (ポスタ ー発表)	No. 3, pp. 140.	Tokyo Institute of Technology
30	2009/6/18-20	松本英俊 他	東京工業 大学	Synthesis and properties of new oligothiophenes for field effect transistors	Internanitonl Nanofiber Symposium 2009 (ポスタ ー発表)	No. 3, pp. 129.	Tokyo Institute of Technology
31	2009/6/18-20	坪井一真 他	東京工業 大学	Fabrication and characterization of plasmon sensor by using of electrospun nanofiber	Internanitonl Nanofiber Symposium 2009 (ポスタ ー発表)	No. 3, pp. 135.	Tokyo Institute of Technology
32	2009/6/18-20	松本英俊 他	東京工業 大学	Inner structure of electrospun liquid crystal polymer nanofiber	Internanitonl Nanofiber Symposium 2009 (ポスタ ー発表)	No. 3, pp. 128.	Tokyo Institute of Technology
33	2009/6/18-20	松本英俊 他	東京工業 大学	All solid, flexible thin film batteries for portable applications	Internanitonl Nanofiber Symposium 2009 (ポスタ ー発表)	No. 3, pp. 113.	Tokyo Institute of Technology
34	2009/5/27-29	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法により作 製したポリペプチド ナノファイバーの配 向構造解析	第 58 回高分 子学会年次大 会	Vol. 58, No. 1, pp. 1128.	神戸国際会 議場・神戸 国際展示場
35	2009/5/27-29	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法により作 製した液晶高分子ナ ノファイバーの内部 構造	第 58 回高分 子学会年次大 会 (ポスター 発表)	Vol. 58, No. 1, pp. 1049.	神戸国際会 議場・神戸 国際展示場
36	2009/5/27-29	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法によるカ ーボンナノファイバ ーの作製と応用	第 58 回高分 子学会年次大 会 (ポスター 発表)	Vol. 58, No. 1, pp. 1539.	神戸国際会 議場・神戸 国際展示場
37	2009/6/10-12	松本英俊 他	東京工業 大学	新規チオフェン系有 機半導体分子の合成 と電界紡糸法を用い た繊維状薄膜の作製	平成 2 1 年度 繊維学会年次 大会 (ポスタ ー発表)	Vol. 64, No. 1, pp. 296.	タワーホー ル船堀
38	2009/6/10-12	坪井一真 他	東京工業 大学	ナノファイバーを用 いたプラズモンセン サーの作製と評価	平成 2 1 年度 繊維学会年次 大会 (ポスタ ー発表)	Vol. 64, No. 1, pp. 297.	タワーホー ル船堀
39	2009/6/10-12	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法により作 製した液晶高分子ナ ノファイバーの内部 構造	平成 2 1 年度 繊維学会年次 大会 (ポスタ ー発表)	Vol. 64, No. 1, pp. 293.	タワーホー ル船堀

40	2009/6/3-4	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法によるカーボンナノファイバーの作製と応用	第20回プラスチック成形加工学会年次大会（口頭発表）	pp. 313-314.	タワーホール船堀
41	2009/8/27-29	松本英俊 他	東京工業 大学	Flexible and highly porous carbon nanofiber fabrics produced by electrospinning	第40回繊維学会夏季セミナー（ポスター発表）	pp. 130.	ユアーズホテルフクイ
42	2009/9/16-18	松本英俊 他	東京工業 大学	酸化多孔質構造制御と色素増感太陽電池の発電特性	化学工学会第41回秋季大会（口頭発表）	CD-ROM	広島大学キャンパス
43	2009/9/16-18	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法により作製したポリペプチドナノファイバーの配向構造解析	第58回高分子討論会		熊本大学黒髪キャンパス
44	2009/9/24-25	松本英俊 他	東京工業 大学	Flexible and highly porous carbon nanofibrous networks produced by electrospinning	3rd Symposium on Electro-surface Phenomena in Advanced Materials Science（ポスター発表）	pp. 18.	Leibniz Institute of Polymer Research Dresden, Germany
45	2009/9/24-25	坪井一真 他	東京工業 大学	Local surface plasmon resonance sensor fabricated on the surface of electrospun nanofibers, 3rd Symposium on Electro-surface Phenomena in Advanced Materials Science	3rd Symposium on Electro-surface Phenomena in Advanced Materials Science（ポスター発表）	pp. 22.	Leibniz Institute of Polymer Research Dresden, Germany
46	2009/9/24-25	松本英俊 他	東京工業 大学	Wetting behavior on nanofiber thin-film coatings	3rd Symposium on Electro-surface Phenomena in Advanced Materials Science（ポスター発表）	pp. 19.	Leibniz Institute of Polymer Research Dresden, Germany
47	2009/11/30-12/4	谷岡明彦 他	東京工業 大学	Electrospun nanofiber networks for electronics and optics	2009 Materials Research Society Fall Meeting（招待講演）	Materials Research Society Symposium Proceedings, Vol. 1240E, pp.1240-WW10-04.	Boston, MA, USA
48	2009/12/3	松本英俊 他	東京工業 大学	温度応答性高分子ナノファイバーコート表面の濡れ挙動	第47回高分子と水に関する研究会（口頭発表）	pp. 27-28.	東京工業大学百年記念館
49	2009/12/3	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法による液晶高分子ナノファイバーの構造	第47回高分子と水に関する研究会（口頭発表）	pp. 13-14.	東京工業大学百年記念館

50	2010/1/24	松本英俊 他	東京工業 大学	Molecular orientation in polypeptide nanofibers prepared by electrospray deposition	Advanced Polymeric Materials and Technology Symposium(A PMT2010),	Vol. 1, pp. PS079.	Jeju,Korea
51	2010/3/18-20	松本英俊 他	東京工業 大学	チタニア多孔質膜の 構造制御とそれを利用 した色素増感太陽 電池の作製	化学工学会 7 1 年会 (口頭 発表)	CD-ROM	鹿児島大学
52	2010/3/17-20	坪井一真 他	東京工業 大学	電界紡糸ナノファイ バーを用いたブラズ モン材料の作製	2010年春 季第57回応 用物理学関係 連合講演会 (ポスター発 表)	CD-ROM( pp.03-226)	東海大学湘 南キャンパ ス
53	2010/5/26-28	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法によるカー ボンナノチューブ 複合ナノファイバー ヤーンの作製	第59回高分 子学会年次大 会 (ポスター 発表)	Vol. 59, No. 1, pp. 1349.	パシフィコ 横浜
54	2010/5/26-28	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法とマイク ロパターンニングよ る1次元ナノ構造体 の作製	第59回高分 子学会年次大 会 (ポスター 発表)	Vol. 59, No. 1, pp. 717.	パシフィコ 横浜
55	2010/5/26-28	松本英俊 他	東京工業 大学	温度応答性高分子を 用いたナノファイバ ーコート表面の親疎 水性制御	第59回高分 子学会年次大 会 (ポスター 発表)	Vol. 59, No. 1, pp. 778.	パシフィコ 横浜
56	2010/5/26	坪井一真 他	東京工業 大学	電界紡糸ナノファイ バーを用いたブラズ モン材料の作製	第8回ブラズ モニクスシン ポジウム (口 頭発表)	pp. 7.	島津製作所 東京支社イ ベントホー ル
57	2010/6/16-18	松本英俊 他	東京工業 大学	温度応答性高分子を 用いたナノファイバ ーコート表面の親疎 水性制御	平成22年度 繊維学会年次 大会 (口頭発 表)	Vol. 65, No. 1, pp. 221.	タワーホー ル船堀
58	2010/6/16-18	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法によるカー ボンナノチューブ 複合ナノファイバー ヤーンの作製	平成22年度 繊維学会年次 大会 (口頭発 表)	Vol. 65, No. 1, pp. 217.	タワーホー ル船堀
59	2010/6/29	松本英俊 他	東京工業 大学	ナノファイバー積層 コート表面の濡れ制 御	ナノファイバ ー学会第1回 年次大会 (ポ スター発表)	pp. 45.	東京工業大 学
60	2010/6/29	松本英俊 他	東京工業 大学	温度応答性高分子を 用いたナノファイバ ーコート表面の親疎 水性制御	ナノファイバ ー学会第1回 年次大会 (ポ スター発表)	pp. 46.	東京工業大 学
61	2010/6/29	坪井一真 他	東京工業 大学	電界紡糸ナノファイ バーの光散乱特性を 利用した表面ブラズ モンポラリトンの共 鳴励起	ナノファイバ ー学会第1回 年次大会 (ポ スター発表)	pp. 47.	東京工業大 学
62	2010/6/29	坪井一真 他	東京工業 大学	電界紡糸ナノファイ バーを用いた高感度 ブラズモンセンサの 作製,	ナノファイバ ー学会第1回 年次大会 (ポ スター発表)	pp. 48.	東京工業大 学

63	2010/6/29	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法とマイクロパターニングによる1次元ナノ構造体の作製	ナノファイバー学会第1回年次大会(ポスター発表)	pp. 49.	東京工業 大学
64	2010/6/29	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法によるカーボンナノチューブの繊維化,	ナノファイバー学会第1回年次大会(ポスター発表)	pp. 33.	東京工業 大学
65	2010/6/29	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法によるカーボンナノファイバーの作製	ナノファイバー学会第1回年次大会(ポスター発表)	pp. 34.	東京工業 大学
66	2010/8/27	鴻巣裕一 他	東京工業 大学	温度応答性高分子を用いたナノファイバーコート表面の親疎水性制御	第41回繊維学会夏季セミナー(ポスター発表)	pp. 102.	三島東レ研 修センター
67	2010/8/30	松本英俊 他	東京工業 大学	カーボンナノファイバーの階層的構造制御とその応用	日本化学会第4回関東支部大会における研究発表(依頼講演)	pp. 102.	筑波大学筑 波キャンパ ス
68	2010/9/15	鴻巣裕一 他	東京工業 大学	エレクトロスピンング法により作製したナノファイバー積層コート表面の濡れ性	第59回高分子討論会(口頭発表)	Vol. 59, No. 2, pp. 4509-4510	北大
69	2010/9/16	松本英俊 他	東京工業 大学	電場とナノ流動場を利用したカーボンナノチューブの繊維化	第59回高分子討論会(口頭発表)	Vol. 59, No. 2, pp. 4175-4176	北大
70	2010/9/28	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法によるカーボンナノチューブコンポジットナノファイバーの作製	平成22年度繊維学会秋季研究発表会(口頭発表)	Vol. 65, No. 3, pp. 76.	山形大
71	2011/1/8	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸法ナノファイバーにおける液晶高分子の構造形成	平成22年度繊維学会秋季研究発表会(口頭発表)	Vol. 65, No. 3, pp. 75.	山形大
72	2011/1/8	松本英俊 他	東京工業 大学	エレクトロスピンング技術を用いたナノ・マイクロファブリケーション	4大学ナノ・マイクロファブリケーションコンソーシアム・2010年度課題抽出型研究会(依頼講演)		東京大学生 産技術研究 所
73	2011/1/18	松本英俊 他	東京工業 大学	電界紡糸カーボンナノファイバーのフレキシブル電極への応用	東京工業大学環境エネルギー機構第1回産学連携研究交流会(ポスター発表)	pp.70	東京工業大 学蔵前会館
74	2011/3/3	松本英俊 他	東京工業 大学	ナノファイバーを用いたプラズモンセンサーの作製と評価	4大学ナノ・マイクロファブリケーションコンソーシアム拠点形成シンポジウム(ポスター発表)	pp.69	川崎市産業 振興会館

## 5. 特許リスト

No	出願者	出願番号	国内、外国、PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	栗田工業(株)	特願 2005-092009	国内	2005/3/28	公開	分離膜及び水処理装置	早川邦洋 他
2	栗田工業(株) 東京工業大学	特願 2005-159798	国内	2005/5/31	公開	吸着構造体およびその製造方法	小林秀樹 他
3	栗田工業(株)	特願 2005-228360	国内	2005/8/5	登録	超純水の精製方法および精製装置	小林秀樹 他
4	栗田工業(株)	特願 2006-267691	国内	2006/9/29	公開	純水製造装置	池田宏之 他
5	住友精化(株)	2006-272112	国内	2006/10/3	取下	(メタ)アクリル酸イミノ化合物およびその製造方法	藤本信貴 他
6	住友精化(株)	2006-272113	国内	2006/10/3	取下	(メタ)アクリル酸系架橋重合体およびそれを用いた二次電池の電極	藤本信貴 他
7	住友精化(株)	2006-282111	国内	2006/10/17	取下	(メタ)アクリル酸系架橋重合体の製造方法および該架橋重合体を用いた二次電池の電極	藤本信貴 他
8	日清紡績(株) (単独)	特願 2006-315713	国内	2006/11/22	出願	抗菌・消臭性物品用樹脂組成物、並びにこれから得られる抗菌・消臭性ファイバーおよび不織布	今城靖雄 他
9	松下電器産業(株)	特願 2006-317003	国内	2006/11/24	擬制 取下	ナノファイバー及び高分子ウェブの製造方法と装置	高橋光弘 他
10	松下電器産業(株)	特願 2006-317004	国内	2006/11/24	公開	ナノファイバーの製造装置	高橋光弘 他
11	松下電器産業(株)	特願 2006-320256	国内	2006/11/28	公開	金属製機器の帯電防止方法と装置	黒川崇裕 他
12	松下電器産業(株)	特願 2006-330169	国内	2006/12/7	擬制 取下	ナノファイバーの合糸方法と装置	住田寛人 他
13	松下電器産業(株)	特願 2006-335913	国内	2006/12/13	公開	不織布製造装置、不織布製造方法	石川和宜 他
14	松下電器産業(株)	特願 2006-344948	国内	2006/12/21	公開	不織布製造装置、不織布製造方法	住田寛人 他
15	帝人(株)	特願 2006-351765	国内	2006/12/27	擬制 取下	セラミック繊維およびセラミック繊維の製造方法	三好孝則 他
16	松下電器産業(株)	特願 2007-007330	国内	2007/1/16	公開	高分子ファイバー生成用のノズルとこれを用いた高分子ファイバー生成装置	住田寛人 他
17	松下電器産業(株)	特願 2007-007529	国内	2007/1/17	公開	ナノファイバー製造方法および製造装置	石川和宜 他
18	松下電器産業(株)	特願 2007-009599	国内	2007/1/18	公開	高分子ファイバー生成方法と装置、これらを用いた高分子ファイバー製造方法と装置	住田寛人 他
19	松下電器産業(株)	特願 2007-013240	国内	2007/1/24	公開	ナノファイバーの製造方法及び装置	住田寛人 他



20	日本電気(株)	特願 2007-014997	PCT 出願、 国内移行 米国出願 中国出願	2007/1/25	中国公開	ポリラジカル化合物ー導電性物質複合体及びその製造方法ならびにそれを用いた電池	草地雄樹 他
21	帝人(株)	特願 2007-016302	国内	2007/1/26	擬制 取下	不織布	小村伸弥 他
22	日清紡績(株)単 独	特願 2007-22753	国内	2007/2/1	出願	マスク	今城靖雄 他
23	日清紡績(株)単 独	特願 2007-22760	国内	2007/2/1	出願	抗菌・防塵生地	今城靖雄 他
24	松下電器産業 (株)	特願 2007-027549	国内	2007/2/7	公開	高分子ウェブの製造方法及 び装置	住田寛人 他
25	松下電器産業 (株)	特願 2007-029860	国内	2007/2/9	公開	ナノファイバー製造方法お よびナノファイバー製造	石川和宜 他
26	日本電気(株)	特願 2007-035110	PCT 出 願、国内 移行	2007/2/15	PCT 番号 取得	電極形成用スラリー、および 電池	草地雄樹 他
27	松下電器産業 (株)	特願 2007-041314	国内	2007/2/21	公開	ナノファイバー製造装置、不 織布製造方法	住田寛人 他
28	シナノケンシ (株)(単独)	特願 2007-042878	国内	2007/2/22	取下	複合材、これを用いた燃料電 池、および複合材の製造方法	松井淑孝
29	東洋紡績(株)	特願 2007-56775	国内	2007/3/7	公開	繊維集合体の製造方法	中森雅彦 他
30	東洋紡績(株)	特願 2007-56776	PCT/ JP2008 / 053922 (W008 / 108392)	2007/3/7	取下	極細繊維およびその製造法	
31	日本電気(株)	特願 2007-057366	国内	2007/3/7	審査 申請	蓄電デバイス	草地雄樹 他
32	住友精化(株)	2007-057248	国内	2007/3/7	取下	ニトロキシドアルコール化 合物およびそれを用いた(メ タ)アクリル酸ニトロキシド 化合物の製造方法	藤本信貴 他
33	東洋紡績(株)	特願 2007-60396	国内	2007/3/9	公開	エレクトレット濾材および その製造方法	後藤禎仁 他
34	東洋紡績(株)	特願 2007-60404	国内	2007/3/9	公開	極細繊維濾材及びその製造 方法	後藤禎仁 他
35	松下電器産業 (株)	特願 2007-064435	国内	2007/3/14	公開	高分子ウェブの製造方法及 び装置	黒川崇裕 他
36	松下電器産業 (株)	特願 2007-074539	国内	2007/3/22	登録	不織布製造装置	住田寛人 他
37	栗田工業(株)	特願 2007-091669	国内	2007/3/30	取下	フィルタ、フィルタカートリ ッジ、濾過装置及びその運 転方法	小林秀樹 他

38	栗田工業(株)	特願 2007-093808	国内	2007/3/30	公開	有機尿素系化合物吸着剤、有機尿素系化合物吸着装置及び有機尿素系化合物処理方法	池田宏之他
39	日清紡績(株) (単独)	特願 2007-096979	国内	2007/4/3	出願	抗菌性エステル系ポリウレタンナノファイバー	今城靖雄他
40	日清紡績(株) (単独)	特願 2007-100116	国内	2007/4/6	出願	抗菌性ポリアミド繊維	今城靖雄他
41	松下電器産業(株)	特願 2007-109911	国内	2007/4/18	公開	ナノファイバ製造装置及びナノファイバ製造方法	黒川崇裕他
42	日本電気(株)、早稲田大学、住友精化(株)	特願 2007-124391	国内	2007/5/9	審査申請	ポリラジカル化合物および電池	岩佐繁之他
43	日本電気(株)、早稲田大学、住友精化(株)	特願 2007-124392	国内	2007/5/9	審査申請	ポリラジカル化合物、電極活物質および電池	森岡由紀子他
44	住友精化(株) 日本電気(株) 早稲田大学	2007-124392	国内	2007/5/9	公開	ポリラジカル化合物、電極活物質および電池	藤本信貴他
45	住友精化(株) 日本電気(株) 早稲田大学	2007-124391	国内	2007/5/9	公開	ポリラジカル化合物および電池	藤本信貴他
46	東京工業大学 松下電器産業 (共願)	特願 2007-127116	国内	2007/5/11	公開	高分子ウェブの製造方法と装置	高橋光弘他
47	松下電器産業(株)	特願 2007-133856	国内	2007/5/21	登録	ナノファイバー製造方法及び装置	住田寛人他
48	松下電器産業(株)	特願 2007-141907	国内	2007/5/29	公開	ナノファイバーの合糸方法及び装置	住田寛人他
49	松下電器産業(株)	特願 2007-151623	国内	2007/6/7	公開	ナノファイバー製造装置、不織布製造装置、および、ナノファイバー製造方法	高橋光弘他
50	松下電器産業(株)	特願 2007-151624	国内	2007/6/7	公開	ナノファイバー製造装置、不織布製造装置、および、ナノファイバー製造方法	住田寛人他
51	松下電器産業(株)	特願 2007-151788	国内	2007/6/7	公開	ナノファイバー製造装置、不織布製造装置、および、ナノファイバー製造方法	高橋光弘他
52	住友精化(株)	2007-165683	国内	2007/6/22	取下	架橋ポリ(メタ)アクリル酸ニトロキシド化合物の製造方法	藤本信貴他
53	東京工業大学 松下電器産業 (共願)	特願 2007-171950	国内	2007/6/29	公開	積層高分子ウェブの製造方法及び装置	高橋光弘他
54	松下電器産業(株)	特願 2007-171876	国内	2007/6/29	公開	ナノファイバーの製造装置	住田寛人他
55	住友精化(株)	2007-175052	国内	2007/7/3	公開	(メタ)アクリロイルイミダゾリジンニトロキシド化合物およびその製造方法	金原祐治他
56	松下電器産業(株)	特願 2007-177651	国内	2007/7/5	公開	ナノファイバー製造装置、ナノファイバー製造方法	住田寛人他

57	松下電器産業(株)	特願 2007-177822	国内	2007/7/5	公開	ナノファイバー及び高分子ウェブの製造方法と装置(特願 2006-185833 の優先権出願)	高橋光弘
58	松下電器産業(株)	特願 2007-181915	国内	2007/7/11	公開	不織布製造装置、不織布製造方法	住田寛人 他
59	松下電器産業(株)	特願 2007-182365	国内	2007/7/11	擬制 取下	微細高分子材料製造方法、微細高分子材料製造装置	高橋光弘 他
60	松下電器産業(株)	特願 2007-190133	国内	2007/7/20	公開	微粒子の製造方法及び装置(特願 2006-199473 の優先権出願)	高橋光弘
61	松下電器産業(株)	特願 2007-203420	国内	2007/8/3	公開	試料堆積方法、試料堆積装置	富永善章 他
62	栗田工業(株)	特願 2007-203273	国内	2007/8/3	公開	糸巻型フィルタ及び水処理方法	川勝孝博 他
63	日清紡績(株) (単独)	特願 2007-203837	国内	2007/8/6	出願	多糖類ナノファイバー	今城靖雄 他
64	松下電器産業(株)	特願 2007-206071	国内	2007/8/8	公開	ナノファイバーの製造方法及び装置	黒川崇裕 他
65	松下電器産業(株)	特願 2007-207089	国内	2007/8/8	公開	素子材料堆積方法、素子材料堆積装置	横山政秀 他
66	松下電器産業(株)	特願 2007-218911	国内	2007/8/24	公開	高分子ウェブの製造方法と装置	住田寛人 他
67	グンゼ(株)	特願 2007-231804	国内	2007/9/6	公開	濾過フィルタ用繊維構造物とその製造方法	金武潤也
68	東京工業大学 松下電器産業 (共願)	特願 2007-234762	国内	2007/9/10	公開	ナノファイバーの合糸方法及び装置	高橋光弘 他
69	日清紡績(株) (単独)	特願 2007-243373	国内	2007/9/20	出願	抗菌性ナノファイバー	今城靖雄 他
70	日本電気(株)、 早稲田大学、 住友精化(株)	特願 2007-245589	PCT 出 願、国内 移行	2007/9/21	PCT 番号 取得	ピロリン系ニトロキシド重合体およびそれを用いた電池	岩佐繁之 他
71	東京工業大学 松下電器産業 (共願)	特願 2007-258280	国内	2007/10/2	公開	高分子ファイバーの合糸方法と装置	高橋光弘 他
72	松下電器産業(株)	特願 2007-269673	国内	2007/10/1 7	公開	ナノファイバー及び高分子ウェブの製造方法と装置	住田寛人 他
73	松下電器産業(株)	特願 2007-269674	国内	2007/10/1 7	公開	ナノファイバー製造装置	住田寛人 他
74	日本電気(株)	特願 2007-275007	国内	2007/10/2 3	審査 申請	機能性 IC カードおよびそれに用いるラミネート電池	三浦貞彦 他
75	日清紡績(株) (単独)	特願 2007-278642	国内	2007/10/2 6	出願	ポリウレタンナノファイバー不織布の製造方法	佐々木直 一他
76	日清紡績(株) (単独)	特願 2007-285964	国内	2007/11/2	出願	樹脂製極細短繊維およびその製造方法	佐々木直 一他
77	松下電器産業(株)	特願 2007-288671	国内	2007/11/6	公開	コンデンサ製造方法、コンデンサ、回路基板	瀬野真透
78	松下電器産業(株)	特願 2007-288844	国内	2007/11/6	公開	ナノファイバ製造装置	住田寛人 他

79	住友精化(株)	2007-299661	国内	2007/11/19	公開	ニトロキシド重合体およびそれを用いた電池	藤本信貴 他
80	住友精化(株)	2007-301105	国内	2007/11/21	公開	(メタ)アクリル酸アダマンチル化合物およびその製造方法	藤本信貴 他
81	住友精化(株)	2007-301106	国内	2007/11/21	公開	(メタ)アクリル酸ジアザアダマンチル化合物およびその製造方法	藤本信貴 他
82	住友精化(株)	2007-301107	国内	2007/11/21	公開	(メタ)アクリル酸アダマンチル系架橋重合体およびそれを用いた二次電池の電極	藤本信貴 他
83	住友精化(株)	2007-301108	国内	2007/11/21	公開	(メタ)アクリル酸アダマンチル系架橋重合体の製造方法および該架橋重合体を用いた二次電池の電極	藤本信貴 他
84	松下電器産業(株)	PCT/JP2007/72447	PCT	2007/11/22	公開	ナノファイバー及び高分子ウェブの製造方法と装置 (特願 2006-317003 の優先権出願の外国出願)	高橋光弘 他
85	松下電器産業(株)	特願 2007-303536	国内	2007/11/22	登録	ナノファイバー及び高分子ウェブの製造方法と装置 (特願 2006-317003 の優先権出願)	住田寛人 他
86	松下電器産業(株)	特願 2007-312756	国内	2007/12/3	擬制取下	ナノファイバ製造装置	住田寛人 他
87	松下電器産業(株)	特願 2007-315093	国内	2007/12/5	公開	ナノファイバーの合糸方法及び装置(特願 2006-330169 の優先権出願の外国出願)	住田寛人 他
88	東京工業大学 松下電器産業(共願)	特願 2007-319462	国内	2007/12/11	公開	ナノファイバ製造装置	富永善章 他
89	東京工業大学 松下電器産業(共願)	特願 2007-323794	国内	2007/12/14	公開	複合糸の製造方法及び装置	富永善章 他
90	東京工業大学 松下電器産業(共願)	特願 2007-323801	国内	2007/12/14	公開	ナノファイバーの合糸方法及び装置	富永善章 他
91	帝人(株)	PCT/JP2007/074391	PCT	2007/12/19	指定国移行済み	セラミック繊維およびセラミック繊維の製造方法	三好孝則 他
92	帝人(株)	特願 2008-551050	国内(PCT移行)	2007/12/19	審査請求	セラミック繊維およびセラミック繊維の製造方法	三好孝則 他
93	日本電気(株)	特願 2007-338863	国内	2007/12/28	審査申請	薄型電池	山下 修 他
94	松下電器産業(株)	特願 2008-007356	国内	2008/1/16	公開	ナノファイバ製造装置、不織布製造装置	住田寛人 他
95	ゲンゼ(株)	特願 2008-9841	国内	2008/1/18	公開	複合ファブリック	澤井恒祐 他
96	帝人(株)	PCT/JP2008/050851	PCT	2008/1/23	指定国移行済み	不織布	小村伸弥 他

97	帝人(株)	2008-555080	国内 (PCT 移行)	2008/1/23	審査 請求	不織布	小村伸弥 他
98	東京工業大学 松下電器産業 (共願)	特願 2008-022941	国内	2008/2/1	公開	ナノファイバー合糸方法及 び装置	富永善章 他
99	松下電器産業 (株)	特願 2008-033607	国内	2008/2/14	公開	ナノファイバー製造装置、不 織布製造装置	黒川崇裕 他
100	松下電器産業 (株)	特願 2008-033667	国内	2008/2/14	公開	ナノファイバー製造装置、不 織布製造装置	黒川崇裕 他
101	松下電器産業 (株)	PCT/JP2008/000 254	PCT	2008/2/19	公開	ナノファイバーの合糸方法 及び装置(特願 2007-41314、 2007-288844 の外国出願)	住田寛人 他
102	栗田工業(株) 東京工業大学	特願 2008-048091	国内	2008/2/28	公開	フィルタ及び液処理方法	川勝孝博 他
103	松下電器産業 (株)	特願 2008-054133	国内	2008/3/4	公開	ナノファイバー製造装置、ナ ノファイバー製造方法	住田寛人 他
104	松下電器産業 (株)	特願 2008-062725	国内	2008/3/12	公開	ナノファイバー製造方法、ナ ノファイバー製造装置	住田寛人 他
105	松下電器産業 (株)	特願 2008-063190	国内	2008/3/12	公開	ナノファイバー製造装置、ナ ノファイバー製造方法	住田寛人 他
106	栗田工業、 東京工業大 学、 松下電器産業 (共願)	特願 2008-064396	国内	2008/3/13	公開	フィルター用繊維、糸巻型フ ィルタ及び水処理方法	川勝隆博 他
107	栗田工業(株) 東京工業大学 松下電器産業 (株)	特願 2008-064396	国内	2008/3/13	公開	フィルタ用繊維、糸巻型フ ィルタ及び水処理方法	川勝孝博 他
108	グンゼ(株)	特願 2008-67717	国内	2008/3/17	公開	針刺し防止部材および該部 材を含む防護手袋	塚田章一 他
109	日本電気(株)	特願 2008-072808	国内	2008/3/21	公開	高分子ラジカル材料・導電性 材料複合体、その製造方法及 び蓄電デバイス	岩佐繁之 他
110	松下電器産業 (株)	特願 2008-076474	国内	2008/3/24	公開	ナノファイバ製造装置、およ びナノファイバ製造方法	黒川崇裕 他
111	日本電気(株)	特願 2008-080742	国内	2008/3/26	公開	薄型電池	山下修他
112	日本電気(株)	特願 2008-083787	国内	2008/3/27	公開	蓄電デバイス	中原謙太 郎他
113	栗田工業(株)	特願 2008-083390 PCT/JP2009/055 901 98110150	国内 PCT 台湾	2008/3/27 2009/3/25 2009/3/25	公開	ポリマー繊維体、その製造方 法及び流体濾過用フィルタ	川勝孝博 他
114	グンゼ(株)	特願 2008-85719	国内	2008/3/28	公開	不織布	倉橋孝臣 他
115	グンゼ(株)	特願 2008-86504	国内	2008/3/28	公開	複合ファブリック	倉橋孝臣 他
116	松下電器産業 (株)	特願 2008-096539	国内	2008/4/2	公開	ナノファイバ製造装置、ナノ ファイバ製造方法	住田寛人 他

117	東洋紡績(株)	特願 2008-99473	国内	2008/4/7	公開	極細繊維およびその製造方法	松山佳奈 他
118	東洋紡績(株)	特願 2008-99474	国内	2008/4/7	公開	エレクトレット濾材およびその製造方法	水谷晶徳 他
119	東洋紡績(株)	特願 2008-99475	国内	2008/4/7	公開	極細繊維およびその製造方法	峯村慎一 他
120	東京工業大学、帝人(株)	特願 2008-100029	国内	2008/4/8	擬制 取下	炭素繊維の製造方法	小村伸弥 他
121	東京工業大学、帝人(株)	特願 2008-100030	国内	2008/4/8	擬制 取下	超極細炭素繊維及びその製造方法	小村伸弥 他
122	松下電器産業(株)	特願 2008-102633	国内	2008/4/10	公開	ナノファイバ製造装置、ナノファイバ製造方法	黒川崇裕 他
123	松下電器産業(株)	特願 2008-105875	国内	2008/4/15	公開	ナノファイバ製造装置、不織布製造装置、ナノファイバ製造方法	住田寛人 他
124	東京工業大学 松下電器産業 (共願)	特願 2008-116095	国内	2008/4/25	公開	不織布製造装置	黒川崇裕 他
125	松下電器産業(株)	PCT/JP2008/001 134	PCT	2008/5/1	公開	ナノファイバーの合糸方法及び装置(特願 2007-141907の外国出願)	住田寛人 他
126	松下電器産業(株)	特願 2008-121196	国内	2008/5/7	公開	ナノファイバ製造装置	黒川崇裕 他
127	松下電器産業(株)	特願 2008-121717	国内	2008/5/7	公開	ナノファイバ製造装置	黒川崇裕 他
128	松下電器産業(株)	特願 2008-121721	国内	2008/5/7	公開	ナノファイバ製造方法	黒川崇裕 他
129	松下電器産業(株)	PCT/JP2008/001 185	PCT	2008/5/12	公開	ナノファイバー製造方法及び装置(特願 2007-133856、2008-033667の外国出願)	住田寛人 他
130	栗田工業(株) 東京工業大学	特願 2008-127297	国内	2008/5/14	公開	複合繊維体、その製造方法、フィルタ及び流体濾過方法	川勝孝博 他
131	松下電器産業(株)	特願 2008-129958	国内	2008/5/16	公開	ナノファイバ製造装置、および製造方法	富永善章 他
132	東京工業大学 松下電器産業 (共願)	特願 2008-131549	国内	2008/5/20	公開	ナノファイバーの合糸方法及び装置	富永善章 他
133	DIC(株) 日本電気(株)	特願 2008-141692 →特願 2010-503285	PCT 日本 で登録	2008/5/29	登録 (日本)	二次電池およびその製造方法ならびに電極形成用インキ	笠井正紀 他
134	松下電器産業(株)	特願 2008-144660	国内	2008/6/2	公開	ナノファイバー製造装置	黒川崇裕 他
135	東京工業大学 松下電器産業 (共願)	特願 2008-145870	国内	2008/6/3	公開	マスク製造装置、マスク製造方法	石川和宜 他
136	東京工業大学 松下電器産業 (共願)	特願 2008-150994	国内	2008/6/9	公開	無接合筒体製造装置、無接合筒体製造方法	石川和宜 他
137	松下電器産業(株)	特願 2008-163529	国内	2008/6/23	公開	ナノファイバ製造装置、および製造方法	黒川崇裕 他

138	東京工業大学、帝人(株)	特願 2008-170526	国内	2008/6/30	出願 公開	炭素繊維の製造方法	小村伸弥 他
139	東京工業大学、帝人(株)	特願 2008-170527	国内	2008/6/30	擬制 取下	炭素繊維の製造方法	小村伸弥 他
140	帝人(株)	特願 2008-172170	国内	2008/7/1	出願 公開	超極細炭素繊維の製造方法	三好孝則 他
141	DIC(株) 日本電気(株)	特願 2008-174839→ 特願 2010-503289	PCT 日 本で登 録 米国へ 移行済 み (審査 中)	2008/7/3	登録 (日 本) 特許 4637 293	二次電池およびその導電補助層用カーボンインキ	笠井正紀 他
142	松下電器産業(株)	PCT/JP2008/001 785	PCT	2008/7/4	公開	微細高分子材料製造方法、微細高分子材料製造装置(特願2007-182365の外国出願)	高橋光弘 他
143	東京工業大学 松下電器産業 (共願)	特願 2008-177252	国内	2008/7/7	公開	多孔質部材製造方法	石川和宜 他
144	松下電器産業(株)	特願 2008-178156	国内	2008/7/8	公開	ナノファイバ製造装置	黒川崇裕 他
145	松下電器産業(株)	特願 2008-178233	国内	2008/7/8	公開	ナノファイバ製造装置、ナノファイバ製造方法	黒川崇裕 他
146	松下電器産業(株)	特願 2008-180187	国内	2008/7/10	公開	ナノファイバーの合糸方法と装置	黒川崇裕 他
147	松下電器産業(株)	特願 2008-180696	国内	2008/7/10	公開	微細高分子材料製造方法、微細高分子材料製造装置	黒川崇裕 他
148	松下電器産業(株)	特願 2008-187216	国内	2008/7/18	公開	ナノファイバー製造装置、ナノファイバー製造方法	黒川崇裕 他
149	東京工業大学 松下電器産業 (共願)	特願 2008-174839	国内	2008/7/25	公開	ナノファイバーの合糸方法及び装置	高橋光弘 他
150	帝人(株)	特願 2008-197746	国内	2008/7/31	擬制 取下	無機繊維およびその製造法	天満美和 他
151	松下電器産業(株)	特願 2008-211218	国内	2008/8/19	公開	燃料電池用触媒層製造方法、燃料電池用触媒層製造装置、固体高分子型燃料電池	光嶋隆敏 他
152	東京工業大学 松下電器産業 (共願)	特願 2008-216495	国内	2008/8/26	公開	ナノファイバーの合糸方法と装置	高橋光弘 他
153	松下電器産業(株)	特願 2008-223929	国内	2008/9/1	公開	ナノファイバ製造装置、ナノファイバ製造方法	黒川崇裕 他
154	松下電器産業(株)	特願 2008-223937	国内	2008/9/1	公開	ナノファイバ製造装置、ナノファイバ製造方法	黒川崇裕 他
155	住友精化(株) 日本電気(株) 早稲田大学	2009-533174	PCT	2008/9/18	公開	ピロリン系ニトロキンド重合体およびそれを用いた電池	藤本信貴 他
156	パナソニック(株)	特願 2008-256730	国内	2008/10/1	公開	ナノファイバ製造装置、ナノファイバ製造方法	石川和宜 他
157	パナソニック(株)	特願 2008-256862	国内	2008/10/1	公開	ナノファイバ製造装置、ナノファイバ製造方法	石川和宜 他

158	東京工業大学 パナソニック (共願)	特願 2008-257864	国内	2008/10/2	公開	ナノファイバーの合糸方法及び装置	高橋光弘 他
159	パナソニック 株	特願 2008-257474	国内	2008/10/2	擬制 取下	ナノファイバ製造方法、および製造装置	黒川崇裕 他
160	パナソニック 株	特願 2008-258292	国内	2008/10/3	公開	ナノファイバ製造装置、ナノファイバ製造方法	石川和宜 他
161	東京工業大学	特願 2008-272461	国内	2008/10/2 2	公開	紫外線遮断機能を有する不織布及びその製造法	皆川美江 他
162	パナソニック 株	特願 2008-286890	国内	2008/11/7	公開	ナノファイバ製造装置、ナノファイバ製造方法 (特願2007-312756の優先権出願)	黒川崇裕 他
163	東京工業大学、日本電気、帝人、DIC、住友精化(共願)	特願 2008-287971	国内	2008/11/1 0	公開	二次電池及びその製造方法	岩佐繁之 他
164	東京工業大学、日本電気株、帝人株、DIC株、住友精化株	特願 2008-287971	国内	2008/11/1 0	公開	二次電池及びその製造方法	岩佐繁之 他
165	日本電気株 東京工業大学 帝人株 DIC株 住友精化株	特願 2008-287971	国内	2008/11/1 0	出願 公開	二次電池及びその製造方法	岩佐繁之 他
166	住友精化株 日本電気株 DIC株 東工大 帝人株	2008-287971	国内	2008/11/1 0	公開	二次電池及びその製造方法	藤本信貴 他
167	パナソニック 株	特願 2008-293847	国内	2008/11/1 7	公開	ナノファイバ製造方法、ナノファイバ製造装置	石川和宜 他
168	パナソニック 株	特願 2008-294950	国内	2008/11/1 8	公開	ナノファイバ製造装置、ナノファイバ製造方法	黒川崇裕 他
169	パナソニック 株	特願 2008-298802	国内	2008/11/2 1	公開	ナノファイバ製造装置、ナノファイバ製造方法	黒川崇裕 他
170	東京工業大学、帝人株	特願 2008-306111	国内	2008/12/1	出願 公開	ピッチ繊維の製造方法	三好孝則 他
171	パナソニック 株	特願 2008-307808	国内	2008/12/2	公開	ナノファイバ製造方法、および製造装置	住田寛人 他
172	パナソニック 株	特願 2008-320702	国内	2008/12/1 7	公開	高分子ウェブの製造方法、および装置	住田寛人 他
173	パナソニック 株	特願 2008-323939	国内	2008/12/1 9	公開	ナノファイバ製造方法、および製造装置	黒川崇裕 他
174	栗田工業株	特願 2009-000913	国内	2009/1/6	公開	フィルタ、その製造方法及び流体処理方法	川勝孝博 他
175	パナソニック 株	特願 2009-002073	国内	2009/1/7	公開	ナノファイバ製造装置、ナノファイバ製造方法	黒川崇裕 他



176	東京工業大学 パナソニック (共願)	特願 2009-006738	国内	2009/1/15	公開	ナノファイバ製造装置、および製造方法	富永善章 他
177	住友精化(株)	2009-022910	国内	2009/2/3	公開	ニトロキシドラジカル架橋 重合体組成物	松下英樹 他
178	パナソニック (株)	特願 2009-023866	国内	2009/2/4	公開	ナノファイバ製造装置	黒川崇裕 他
179	パナソニック (株)	特願 2009-024336	国内	2009/2/4	公開	ナノファイバ製造装置、ナノ ファイバ製造方法	石川和宜 他
180	パナソニック (株)	特願 2009-025329	国内	2009/2/4	擬制 取下	ナノファイバ製造装置、ナノ ファイバ製造方法	石川和宜 他
181	帝人(株)	特願 2009-024805	国内	2009/2/5	擬制 取下	無機繊維およびその製造方 法	天満美和 他
182	パナソニック (株)	特願 2009-032628	国内	2009/2/16	公開	ナノファイバ製造装置、およ び製造方法	宮田正伸 他
183	パナソニック (株)	特願 2009-033158	国内	2009/2/16	公開	ナノファイバ製造装置、ナノ ファイバ製造方法	石川和宜 他
184	帝人(株)	特願 2009-035017	国内	2009/2/18	出願 公開	ショットを含まない無機織 維及びその製造方法	天満美和 他
185	帝人(株)	特願 2009-046004	国内	2009/2/27	出願 公開	無機繊維およびその製造方 法	天満美和 他
186	パナソニック (株)	特願 2009-051032	国内	2009/3/4	公開	ナノファイバ製造装置、樹脂 変更方法	黒川崇裕 他
187	パナソニック (株)	特願 2009-051114	国内	2009/3/4	公開	ナノファイバ製造装置、ナノ ファイバ製造方法	黒川崇裕 他
188	パナソニック (株)	PCT/JP2009/001 050	PCT	2009/3/9	公開	繊維製造方法、繊維製造装 置、固体高分子型燃料電池 (特願 2008-063190、 2008-211218 号の外国出願)	住田寛人 他
189	パナソニック (株)	特願 2009-058691	国内	2009/3/11	公開	ナノファイバ製造装置、ナノ ファイバ製造方法	黒川崇裕 他
190	日本電気、早 稲田大学、住 友精化	特願 2009-059233	2010/3/5 PCT 出 願	2009/3/12	PCT 番号 取得	ピロリン系ニトロキシド重 合体およびそれを用いた電 池	岩佐繁之 他
191	住友精化(株) 日本電気(株) 早稲田大学	2009-059233	PCT	2009/3/12	公開	ピロリン系ニトロキシド重 合体およびそれを用いた電 池	藤本信貴 他
192	ゲンゼ(株)	特願 2008-9842	国内	2009/3/19	公開	複合ファブリック、該複合フ ァブリックを含む衣料及び 該複合ファブリックを製造 する方法	倉橋孝臣 他
193	パナソニック (株)	PCT/JP2009/001 256	PCT	2009/3/23	公開	ナノファイバ製造装置、ナノ ファイバ製造方法 (特願 2008-096539、2008-178233 号の外国出願)	住田寛人 他
194	日本電気(株)	特願 2009-082753	国内	2009/3/30	公開	電池及び電池の製造方法	山下修他
195	東京工業大 学、帝人(株)	特願 2009-091008	国内	2009/4/3	出願 公開	超極細炭素繊維の製造方法	三好孝則 他
196	東京工業大 学、帝人(株)	特願 2009-091009	国内	2009/4/3	出願 公開	炭素繊維の製造方法	小村伸弥 他

197	パナソニック 株	特願 2009-091552	国内	2009/4/3	公開	ナノファイバ製造装置、ナノ ファイバ製造方法	石川和宜 他
198	東京工業大 学、帝人株	PCT(特願 2008-100029,30 合体) PCT/JP2009/057 406	PCT	2009/4/6	指定 国移 行済 み	炭素繊維およびその製造方 法	小村伸弥 他
199	東京工業大 学、帝人株	特願 2010-507294	国内 (PCT 移行)	2009/4/6	審査 請求	炭素繊維及びその製造方法	小村伸弥 他
200	東京工業大 学、帝人株	98111505	台湾	2009/4/7	出願 公開	炭素繊維及びその製造方法	小村伸弥 他
201	帝人株 群馬大学	特願 2009-094735	国内	2009/4/9	出願 公開	電気二重層キャパシタ用導 電助剤および電気二重層キ ャパシタ	車金柱他
202	帝人株	200780048437.0	中国	2009/6/1	審査 請求	セラミック繊維およびセラ ミック繊維の製造方法	三好孝則 他
203	帝人株	12/517137	米国	2009/6/1	出願 公開	セラミック繊維およびセラ ミック繊維の製造方法	三好孝則 他
204	日本電気株	特願 2009-132950	国内	2009/6/2	取下	蓄電デバイス	中原謙太 郎他
205	住友精化株	2009-142148	国内	2009/6/16	公開	3-ホルミル-2, 2, 5, 5-テトラメチルピロリン -1-オキシルの製造方法	金原祐治 他
206	住友精化株	2009-142149	国内	2009/6/16	公開	3-オキシラニル-2, 2, 5, 5-テトラメチルピロリン -1-オキシルの製造方 法	金原祐治 他
207	日本電気株	特願 2009-091009	国内	2009/6/18	取下	回路搭載二次電池及びその 製造方法	山下修他
208	帝人株	2009-7013218	韓国	2009/6/25	出願 公開	セラミック繊維およびセラ ミック繊維の製造方法	三好孝則 他
209	パナソニック 株	特願 2009-150618	国内	2009/6/25	擬制 取下	ナノファイバ製造装置、およ びナノファイバ製造方法	黒川崇裕 他
210	日清紡ホール ディングス株	JP2009/061896	PCT	2009/6/30	出願	液体の保存材および保存方 法	佐々木直 一他
211	帝人株	07850861.1	欧州	2009/7/14	審査 請求	セラミック繊維およびセラ ミック繊維の製造方法	三好孝則 他
212	東京工業大学 パナソニック 株	特願 2009-168295	国内	2009/7/16	公開	ナノファイバ製造装置およ び製造方法	高橋光弘 他
213	グンゼ株	特願 2009-181737	国内	2009/8/4	公開	極細繊維不織布の製造方法 及び極細繊維不織布	倉橋孝臣 他
214	グンゼ株	特願 2009-220545	国内	2009/8/5	出願	冷感素材用複合ファブリッ ク	塚田章一 他
215	住友精化株	2009-194054	国内	2009/8/26	出願	(メタ)アクリル酸系ニトロ キシド重合体の製造方法	藤本信貴 他
216	パナソニック 株	PCT/JP2009/004 480	PCT	2009/9/10	公開	ナノファイバ製造方法、及び 製造装置(特願 2008-257474 の外国出願)	黒川崇裕 他

217	栗田工業(株)	特願 2009-228115	国内	2009/9/30	出願	ポリマー繊維体、その製造方法及び流体濾過用フィルタ	川勝孝博 他
218	東京工業大学	特願 2009-238247	国内	2009/10/15	出願	電界紡糸方法および電界紡糸装置	皆川美江 他
219	帝人(株) 群馬大学	特願 2009-268834	国内	2009/11/26	出願 未公開	電極材料、その製造方法、およびその電極材料を用いた電気化学キャパシタ	小村伸弥 他
220	東京工業大学	特願 2009-288722	国内	2009/12/21	出願	電界紡糸方法および電界紡糸装置	松本英俊 他
221	住友精化(株)	2009-285352	国内	2009/12/25	出願	N, N-ビス-(2, 2, 6, 6-テトラメチル-ピペリジン-4-イル)-アミン-(メタ)アクリルアミドおよびN, N-ビス-(2, 2, 6, 6-テトラメチル-ピペリジン-N-オキシル-4-イル)-アミン-(メタ)アクリルアミド化合物架橋重合体	藤本信貴 他
222	住友精化(株)	2009-285353	国内	2009/12/25	出願	N, N-ビス-(2, 2, 6, 6-テトラメチル-ピペリジン-N-オキシル-4-イル)-アミン-(メタ)アクリルアミド化合物およびN, N-ビス-(2, 2, 6, 6-テトラメチル-ピペリジン-N-オキシル-4-イル)-アミン-(メタ)アクリルアミド化合物架橋重合体	藤本信貴 他
223	東京工業大学 パナソニック(株)	特願 2010-001515	国内	2010/1/6	出願	ナノファイバー製造装置および製造方法	石川和宜 他
224	住友精化(株)	2009-294687	国内	2010/1/7	公開	(メタ)アクリル酸系ニトロキシドラジカル重合体の製造方法	坂田淳他
225	東京工業大学 パナソニック(株)	特願 2010-008538	国内	2010/1/18	出願	ナノファイバー製造装置および製造方法	石川和宜 他
226	パナソニック(株)	PCT/JP2010/000245	PCT	2010/1/19	公開	ナノファイバー製造装置、ナノファイバー製造方法 (特願 2009-025329 の外国出願)	石川和宜 他
227	東京工業大学 パナソニック(株)	特願 2010-012504	国内	2010/1/22	出願	ナノファイバー製造装置および製造方法	石川和宜 他
228	東京工業大学 パナソニック(株)	特願 2010-018803	国内	2010/1/29	出願	ナノファイバー製造装置および製造方法	石川和宜 他
229	東京工業大学、栗田工業(株)、パナソニック(株)	特願 2010-017707	国内	2010/1/29	出願	ポリマー繊維体の製造方法及び装置	谷岡明彦 他
230	栗田工業(株) 東京工業大学 パナソニック(株)	特願 2010-017707	国内	2010/1/29	出願	ポリマー繊維体の電界紡糸方法及び電界紡糸装置	川勝孝博 他

231	栗田工業(株)	特願 2010-046710	国内	2010/3/3	取下	イオン交換フィルタ	川勝孝博 他
232	栗田工業(株)	特願 2010-057590	国内	2010/3/15	出願	液濾過用フィルタ及び液濾過方法	川勝孝博 他
233	グンゼ(株)	特願 2010-093341	国内	2010/4/14	出願	抗ウイルスフィルター	澤井恒祐 他
234	東京工業大学	特願 2010-117876	国内	2010/5/23	出願	電界紡糸方法および電界紡糸装置	皆川美江 他
235	住友精化(株) 日本電気(株) 早稲田大学	2010-127809	国内	2010/6/3	出願	ラジカルを有する化合物、重合体、およびその重合体を用いた蓄電デバイス	藤本信貴 他
236	パナソニック(株)	特願 2010-167971	国内	2010/7/27	公開	高分子ウェブの製造方法及び装置 (特願 2007-303536 の分割出願)	住田寛人 他
237	東京工業大学、帝人(株)	特願 2010-176199	国内	2010/8/5	出願 未公開	極細炭素繊維綿状体の製造方法	小村伸弥 他
238	東京工業大学、帝人(株)	09730139.4	欧州	2010/10/6	審査請求済	炭素繊維及びその製造方法	小村伸弥 他
239	東京工業大学、帝人(株)	12/936799	米国	2010/10/7	出願	炭素繊維及びその製造方法	小村伸弥 他
240	東京工業大学、帝人(株)	2010-7024412	韓国	2010/10/29	出願 未公開	炭素繊維及びその製造方法	小村伸弥 他
241	日清紡ホールディングス(株)	JP2010/070334	PCT	2010/11/4	出願	フレキシブル炭素繊維不織布	佐々木直一 他
242	栗田工業(株)	特願 2010-262515	国内	2010/11/25	出願	イオン交換フィルタ	川勝孝博 他
243	東京工業大学、帝人(株)	200980121444.8	中国	2010/12/8	審査請求済	炭素繊維及びその製造方法	小村伸弥 他
244	東京工業大学、栗田工業(株)、パナソニック(株)	特願 2010-277020	国内	2010/12/13	出願	ナノファイバー不織布の製造方法及び装置	小林秀樹 他
245	栗田工業(株) 東京工業大学 パナソニック(株)	特願 2010-277020	国内	2010/12/13	出願	ナノファイバー不織布の製造方法及び装置	小林秀樹 他
246	栗田工業(株)	特願 2010-278117	国内	2010/12/14	出願	複層シート	川勝孝博 他
247	栗田工業(株) 東京工業大学	特願 2011-008996	国内	2011/1/19	出願	複合膜、その製造方法、吸着フィルタ及び流体処理方法	小川祐一 他
248	栗田工業(株) 東京工業大学	特願 2011-008997	国内	2011/1/19	出願	複合膜、その製造方法、吸着フィルタ及び流体処理方法	小川祐一 他
249	東京工業大学	特願 2011-13251	国内	2011/1/25	出願	光電変換素子およびその製造方法	谷岡明彦 他
250	東京工業大学、帝人(株)	特願 2011-028731	国内	2011/2/14	出願 未公開	貴金属担持極細炭素繊維綿状体の製造方法	小村伸弥 他

251	東京工業大学 日本エアーフ ィルター(株) 帝人テクノプ ロダクツ(株)	特願 2011-030164	国内	2011/2/15	出願	エアフィルタ装置	奥山一博 他
-----	--	-------------------	----	-----------	----	----------	-----------

## 6. 受賞

- 2011年3月18日  
第10回グリーン・サステイナブル ケミストリー(GSC)賞 文部科学大臣賞  
「環境調和性に優れた有機ラジカル電池の研究開発」  
日本電気株式会社
- 2010年2月  
nano tech 2010 国際ナノテクノロジー展「nano tech 大賞」  
グンゼ株式会社

## 7. 国際調査

調査年度	対象国	対象機関
平成 18 年度	ドイツ	マールブルグ大学 デンケンドルフ繊維研究所
	チェコ	エルマルコ社
	スウェーデン	繊維高分子研究所
	イギリス	ケンブリッジ大学等材料工学科及び先進フォトエレクトロニクス研究所
平成 19 年度	アメリカ	ニューヨークポリテクニク大学 カリフォルニア大学デービス校 ノースカロライナ州立大学 コーネル大学 ESPIN社 ドナルドソン社 Filtration 2008 (シカゴ) NIOSH
平成 20 年度	スイス	国際不織布展 (ジュネーブ)
	ドイツ	国際フィルトレーション展 (ライプチヒ)
	フランス	繊維学会大会 (ミュールーズ)
	カナダ	繊維学会大会 (モントリオール)
	アメリカ	IFAIEキスポ (国際工業織布展) (シャーロット) フィルトレーション展示会 (フィラデルフィア) NIOSH、EPA
	ヨーロッパ	展示会 デンケンドルフ繊維加工研究所 マールブルグ大学 エルマルコ社 ケンブリッジ大学
平成 21 年度	アメリカ	スタンフォード大学 ライス大学 プリンストン大学
	ドイツ	ドレスデン・ライプニッツ高分子研究所 GKSS生体材料開発センター フロイデンベルグ社
	スイス	スイス連邦材料試験研究所 (EMPA)
	イギリス	ケンブリッジ大学 先端フォトニクス・エレクトロニクス研究所 オックスフォード大学材料学科 ケンブリッジ大学金属工学科

平成 21 年度	オーストリア	13th international symposium on Wearable Computers(Linz)
	ベルギー	International Conference, Latest Advancements in High Tech Textiles and Textile-based Materials 他 (Ghent University)
	ドイツ	マックスプランク研究所コロイド界面部門 Johannes Gutenberg University
	アメリカ	AATCC meeting(South Carolina) Fiber Society Meeting(Georgia) Georgia Tech(Atlanta) IDTh シンポジウム(Denver)
	アメリカ	2009 Materials Research Society fall Meeting(ボストン) School of Engineering and Applied Sciences Harvard University(ケンブリッジ) MIT Media Lab(ケンブリッジ)
	ドイツ	Principles and Applications of Micro and Nanofluidics シンポジウム (Darmstadt)
平成 22 年度	アメリカ	Nanofibers for the 3rd millennium (North Carolina)
	オーストリア	Johannes Kepler University of Linz
	シンガポール	シンガポール国立大学 ナンヤン工科大学



# ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画

平成22年4月1日

産業技術環境局

製造産業局

## 1. 目的

「新成長戦略（基本方針）」（2009年12月閣議決定）に記載されている我が国の強みを活かした「課題解決型国家」の実現に向け、世界をリードする「グリーン・イノベーション」、「ライフ・イノベーション」などを迅速に推進し、課題解決とともに新たな成長の実現を目指す。

具体的には、ナノテク・部材イノベーションプログラムにおいては、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技術革新（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。

## 2. 政策的位置付け

○新成長戦略（基本方針）（2009年12月閣議決定）

- ・「（2）グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略」「（3）ライフ・イノベーションによる健康大国戦略」「（5）科学・技術立国戦略」に対応

○第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）

- ・「ナノテクノロジー・材料分野」は、特に重点的に研究開発を推進すべき分野（重点推進4分野）の一つに指定、優先的に資源配分することとされている。
- ・我が国の材料技術は、基礎研究から応用研究、素材、部材の実用化に至るまでの全ての段階において世界のトップレベルを堅持しており、我が国製造業の国際競争力の源泉となっている。

○「イノベーション25」（2007年6月閣議決定）

- ・「ナノテクノロジー・材料分野」は、中長期的に取り組むべき課題として、「1. 生涯健康な社会形成」、「2. 安全・安心な社会形成」、「4. 世界的課題解決に貢献する社会形成」、及び「5. 世界に開かれた社会形成」の分野に位置付けられている。
- ・所要の措置を講じていくことが必要である事項として以下の点が指摘されている。
  - ・学際領域・融合領域における教育等人材育成、拠点形成
  - ・社会受容を促すための積極的な取り組み
  - ・知的財産確保のための戦略的な取り組み

## 3. 達成目標

- ・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。
- ・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。

- ・ナノテクノロジーや高機能部材の革新を技術先導することで、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。
- ・希少金属などの資源制約の打破、省エネルギー化を目指した低炭素社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

#### 4. 研究開発内容

[プロジェクト]

##### I. ナノテクノロジーの加速化領域

ナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を加速・促進する。

###### (1) 異分野異業種ナノテクチャレンジ（運営費交付金）

###### ①概要

革新的なナノテクノロジーの研究開発を促進し、キーデバイスの早期実現を目指すため、大学や研究機関などの川上と企業などの川下の連携、異業種異分野の連携による提案公募によって、ナノテク実用化に向けたチャレンジを支援する。

###### ②技術目標及び達成時期

マテリアル・プロセス研究、加工・計測技術研究、昨今の環境意識向上に対応した研究、社会課題を解決するための基盤技術研究に加え、異分野等の融合研究を推進することにより、2014年度までにナノテクノロジーの産業化のための基盤的技術を確立し、実用化を図る。

###### ③研究開発期間

2005年度～2014年度

##### 情報通信領域

ナノテクノロジーや革新的部材開発技術を駆使して既存技術の微細化の壁を突破し、電子デバイス・光デバイスで世界をリードするとともに、高度化された製造技術の開発を行う。

###### (1) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発—うち新材料・新構造ナノ電子デバイス（運営費交付金）

###### ①概要

従来の半導体は、性能の向上（高速化、低消費電力化、高集積化）を確保するために微細化が進められてきたが、絶縁性、誘電率等の物理的限界、微細化に伴う製造コストの増大など、集積度向上によるメリットが十分達成されなくなっている。

本研究開発では、シリコンで培った微細化技術やデバイス原理を活用しながら、シリコン材料の物理的限界を突破するための“新材料”および“新（デバイス）構造”の開発を行い、次世代の電子デバイス技術を確立する。

###### ②技術目標及び達成時期

2011年度までに、産業界が10年後を見据えた将来の電子デバイスを開発する際に、産業技術として活用できるかどうかの実現可能性を見極め、また技術シーズを確立

する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(2) スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト（運営費交付金）

①概要

将来のエレクトロニクスにおいて中核的な基盤技術となり得るスピントロニクス技術（電子の電荷ではなく、電子の自転＝「スピン」を利用する全く新しいエレクトロニクス技術）を確立するため、強磁性体ナノ構造体におけるスピンの制御・利用基盤技術を開発し、我が国が世界に誇るシーズ技術を核として、産学官の共同研究体制を構築し、将来の中核的エレクトロニクス技術における我が国の優位性の確保を図る。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、超高集積で高速な不揮発性メモリとして期待されるスピンメモリのための基盤技術を確立する。また、新ストレージ・メモリデバイス、不揮発性スピノ光機能素子、スピン能動素子等の新しい動作原理によるスピン新機能素子の実現のための基盤技術を確立する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(3) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発—うち窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

窒化物系化合物半導体は、パワーデバイス、高周波デバイス、発光デバイス等、重要なデバイスの飛躍的な性能向上と消費電力削減への貢献を期待されている。このため、従来の半導体材料では実現出来ない領域で動作可能なハイパワー・超高効率の電子素子、超高速電子素子等の作成に必要な窒化物系化合物半導体先進技術の国際競争力を強化すべく、高品質かつ大口径単結晶基板、高品質かつ大口径エピタキシャル成長技術等の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、次世代窒化物系半導体デバイスを実現する以下結晶作製技術を開発する。

1) 基板技術（GaN、AlNバルク結晶作製技術）

・口径2～4インチで高品質エピ成膜を可能とする低コストの単結晶基板作製技術の確立。

2) エピ技術（エピタキシャル成膜及び計測評価技術）

・低欠陥高品質エピ層を実現する成膜技術及び膜成長過程を計測評価する技術の確立。

・高出力かつ高安定動作可能なエピ層の実現

・高耐圧超高速な新しいデバイス構造の開発

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) 三次元光デバイス高効率製造技術（運営費交付金）

①概要

波面制御素子による空間光変調技術を確立し、ガラス中に三次元造形を高精度に一括形成できるプロセス技術を開発する。この技術を用いて、具体的な光デバイスを作製し、当該技術の有効性の確認と市場への早期参入のための基盤技術を確立する。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに波面制御素子による空間光変調技術を用いたフェムト秒レーザー照射技術等を確立し、高精度の光デバイスを高速に作製できるプロセス技術を開発する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(5) 低損失オプティカル新機能部材技術開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

近接場光の原理・効果を応用した低損失オプティカル新機能部材技術を開発し、実用化の目処を得ることを目的とする。動作原理に近接場光を用いるオプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、液晶プロジェクター・液晶ディスプレイなど情報家電の省エネルギー、高性能・高信頼化を図る上でのキーデバイスとなることが期待できる。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、共通基盤技術として、ナノ構造部材の設計・作製・評価技術を開発するとともに、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(6) 半導体機能性材料の高度評価基盤開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

情報通信機器の高機能化や低消費電力化等の要求を満たす半導体集積回路を実現するため、新たな機能性材料開発に貢献する評価基盤技術を開発し、さらに開発した機能性材料を半導体及び半導体集積回路に適用できる統合的なソリューション技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術的目標及び達成時期

2011年度までに、半導体デバイス性能に直結する接合素子の性能性及び信頼性等、半導体製造プロセス全体を俯瞰しつつ、機能性材料開発が可能となる評価基盤技術を開発し、開発した機能性材料を用いた統合的なソリューションが提案できる材料評価基盤を構築する。

③研究開発期間

2009年度～2011年度

#### ． ライフサイエンス・健康・医療領域

ナノテクノロジーを駆使して初めて可能となる診断・治療により革新的な医療を実現する。

##### (1) 個別化医療実現のための技術融合バイオ診断技術開発（運営費交付金）（再掲）

###### ①概要

我が国が有する微細加工技術・表面処理技術といったナノテク等の強みを活かし、染色体異常を高感度、高精度かつ迅速、安価で非コード領域までを検出するゲノムアレイや解析基盤技術開発を行うとともに、全自動解析システムの開発を行う。

###### ②技術目標及び達成時期

2010年度までに、BAC（染色体の断片）を用いた非コード領域を含むゲノム全領域を検出できる高精度ゲノムアレイを開発する。さらに、臨床現場において、微量サンプル（数ナノグラム）から、12時間以内に染色体異常（増幅、欠失、コピー数多型等）を、低コストかつ定量性・再現性を確保して検出ができる自動染色体異常解析システムのプロトタイプを開発する。

###### ③研究開発期間

2006年度～2010年度

#### ． エネルギー・資源・環境領域

ナノテクノロジーや革新的部材開発技術を駆使して、エネルギー・資源・環境等の社会的制約を克服すると同時に我が国の強みであるナノテク関連産業・部材産業の競争力を強化する。

##### ( ) エネルギー制約の克服

##### (1) サステナブルハイパーコンポジット技術の開発（運営費交付金）（再掲）

###### ①概要

炭素繊維複合材料は、軽量、高強度等の優れた特性を有している。従来の熱硬化性樹脂を用いた炭素繊維複合材料では成形性・加工性に乏しくリサイクルが困難であったため、熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維複合材料（CFRTP）の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

###### ②技術目標及び達成時期

2012年度までに、炭素繊維と熱可塑性樹脂との中間基材を開発し、高速成形技術、接合技術及びリサイクル技術を開発する。

###### ③研究開発期間

2008年度～2012年度

##### (2) マルチセラミックス膜新断熱材料の開発（運営費交付金）（再掲）

###### ①概要

住宅やビルなどの冷暖房における大幅な省エネを実現する画期的な断熱性能を持つ壁および窓材料を、セラミックスのナノ多孔体構造やポリマー複合化構造などからなるマルチセラミックス膜アセンブリ技術によって開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、熱貫流率（熱の伝わりやすさ）が $0.3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、壁厚さ10mm程度の超断熱壁材料および熱貫流率が $0.4\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下、光（可視光）透過率が65%以上（Low-Eガラス使用）、ヘイズ率が1%以下の超断熱窓材料を実現する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト（運営費交付金）（再掲）

①概要

高純度、高密度に配向した長尺の単層カーボンナノチューブの大量合成技術を開発するとともに、これを用いた従来よりも格段にパワー（電力）と蓄電量が大きなキャパシタを開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、単層カーボンナノチューブの高度配向技術及び大量生産技術を確立するとともに、キャパシタ製造技術を確立することで、 $20\text{Wh}/\text{Kg}$ の高エネルギー密度と耐久性を有する電気二重層キャパシタを開発する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 革新的省エネセラミックス製造技術開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

小型炉設備で生産可能な小型セラミック中空ユニットを複数組みあわせることで、これまでその製造が難しかった複雑形状かつ大型セラミックス部材を省エネで製作することができる革新的なセラミック部材製造技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2013年度までに、高機能化された小さな精密ブロックを立体的に組み上げ、高効率で接合、一体化をし、複雑形状や大型の部材を製造可能とする革新的なプロセス技術の基盤を確立し、高耐性部材、高温断熱部材及び高比剛性部材の試作を行う。

③研究開発期間

2009年度～2013年度

(5) 革新的ガラス溶融プロセス技術開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

プラズマ等による高温を利用し瞬時にガラス原料をガラス化することにより、極めて効率的にガラスを気中で溶融（インフライトメルティング法）し省エネに資する革新的ガラス溶融プロセス技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2012年度までに、インフライトメルティング法により原料を溶解する技術、カレットをガラス原料として利用するため高効率で加熱する技術、カレット融液とインフライトメルティング法による原料融液とを高速で混合する技術を開発する。

③研究開発期間

2008年度～2012年度

(6) 革新的セメント製造プロセス技術開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

クリンカ（セメントの中間製品）焼成温度の低温化等の効果がある物質（鉍化剤）の開発等を行うことにより、焼成温度の低温化や焼成時間の短縮化等、非従来型の革新的なセメント製造プロセスの基盤技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2014年度までに、単位セメント製造重量当たりのエネルギー消費量8%削減を可能とする基盤技術を確立する。

③研究開発機関

2010年度～2014年度

(7) 高温超電導電力ケーブル実証プロジェクト（運営費交付金）（再掲）

①概要

革新的な高効率送電技術を確立して高温超電導ケーブルの実用化を促進するため、工業生産プロセスで実用化レベルに達している高温超電導線材（DI-BSCCO等）を活用し、首都圏の系統に接続する実証試験及び評価を行う。

なお、本事業は、発電用施設による電気の供給の円滑化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2012年度までに、200MVA級の中間接続部を有した三心一括型高温超電導ケーブルを、冷却装置や保護装置などの付帯設備とともに66KV実系統に接続して、12ヶ月以上の長期連系試験を行うことによって総合的な安全性や信頼性を実証する。

③研究開発期間

2007年度～2012年度

(8) 発電プラント用超高純度金属材料の開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

超高純度金属材料を発電設備の蒸気配管等に実用化することを目指し、高純度金属材料の高度化に向けた低コスト・量産化製造技術を開発し、実使用環境における超高純度金属材料の耐久性試験等を行う。

なお、本事業は、発電用施設における電気の供給の円滑化を図る観点から行うもので

ある。

②技術目標及び達成時期

2010年までに、不純物総量100ppm未満、溶解量数100kg以上の低コスト・量産化技術製造技術を開発するとともに、製造された超高純度材料が発電プラントの各種機器に適用でき、本材料の持つ優れた特性を長期に亘って発揮できることを確認する。

③研究開発期間

2005年度～2010年度

(9) 次世代蓄電池材料評価基盤技術開発（運営費交付金）（新規）（再掲）

①概要

新しい蓄電池材料の性能や特性を共通的に評価できる基盤技術を確立する。これにより、各材料メーカーと電池メーカーとの擦り合わせ期間が短縮され、高性能蓄電池・材料開発の効率が抜本的に向上・加速化される。

②技術目標及び達成時期

2014年度までに、蓄電池の新材料について、構成材料間での適合性及び材料－製造工程間の相互影響の解析を踏まえた、共通的な性能特性評価方法（最適な製造工程、充放電様式等）を確立し、それを踏まえ、評価シミュレーション・システム技術の開発を行う。

③研究開発期間

2010年度～2014年度

(10) 低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト

①概要

次世代自動車のインバータ（電力制御装置）などに用いるパワー半導体について、Si（シリコン）に比べ、電力損失が1/100以下であるなど、優れた物性を有するSiC（シリコンカーバイド）の実用化を目指す。

②技術目標及び達成時期

高品質・低コストな大口径SiCウエハ製造技術及びSiC高耐圧スイッチングデバイス製造技術を確立する。具体的には、2014年度までに直径15cm（現状の1.5倍。面積では約2.3倍）のウエハ製造技術、鉄道等に用いられる5kV級の高耐圧スイッチングデバイス製造技術を開発する。

③研究開発期間

2010年度～2014年度

( ) 資源制約の克服

(1) 希少金属代替材料開発プロジェクト（運営費交付金）

①概要

ハイテク製品の製造に不可欠であり世界的な需給逼迫が懸念されるレアメタル（タンガステン、インジウム、ディスプロシウム）について、ナノテクノロジー等の最先端技



術を活用して、代替材料開発・使用量削減を行う。なお、平成21年度からは、これまでの対象3鉱種に加えて、白金、セリウム、テルビウム等も研究開発の対象とする。

## ②技術目標及び達成時期

タングステン、インジウム、ディスプロシウムについては2011年度までに、白金、セリウム、テルビウム等については2013年度までに、使用原単位について現状と比較して削減ができる製造技術を開発し、ユーザー企業、大学等の外部機関に対して機能評価のためにラボレベルで提供（試料提供）できる水準に至るまでの技術を確立することを目標とする。また、製品の機能や製造コストは現状と同等であることを少なくとも維持することを前提とする。

〔対象元素〕

- ・超硬工具向けタングステン（W）
- ・透明電極向けインジウム（In）
- ・希土類磁石向けディスプロシウム（Dy）
- ・排ガス浄化向け白金族（Pt）
- ・精密研磨向けセリウム（Ce）
- ・蛍光体向けテルビウム、ユーロピウム（Tb、Eu）

## ③研究開発期間

2007年度～2013年度

## （ ）環境制約の克服

### （1）グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発

#### ①概要

化学品等の製造プロセスにおけるシンプル化、クリーン化、原材料・資源の多様化・有効利用、更に、廃棄物の減容化、容易なりサイクル等を実現し、産業競争力強化、国際規制の先取りを図って、将来にわたっても持続的に化学品等を製造するための必要なGSC（グリーン・サステイナブルケミカル）プロセスを開発する。

#### ②技術的目標及び達成時期

2015年度までに、有害な化学物質を削減できる又は使わない革新的な製造プロセス、廃棄物、副生成物を削減できる革新的な製造プロセス、資源生産性を向上できる革新的な製造プロセスの開発を行う。

#### ③研究開発期間

2008年度～2015年度

### （2）革新的マイクロ反応場利用部材技術開発（運営費交付金）（再掲）

#### ①概要

マイクロリアクター、ナノ空孔などの精密反応場を利用し、反応分子の自由な運動を活性種レベルで制御した革新的な化学反応プロセスと新機能材料創成技術の確立を目指す。さらに、マイクロリアクターとナノ空孔反応場の組み合わせ、各反応場とマイクロ波等のエネルギー供給手段との組み合わせにより協奏的反応場を構成し、さらなる高効率生産等を可能にする基盤技術を開発する。これらの技術の確立により、反応システム

の小型化、多段プロセスの簡略化等を通じた化学産業の製造工程等の省エネルギー化を図る。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

#### ②技術的目標及び達成時期

2010年度までに、マイクロリアクター技術、ナノ空孔技術を軸とし、これらに更にマイクロ波、超臨界流体等のエネルギー供給手段を組み合わせた協奏的反応場を構成することにより、これまでにない革新的な化学反応プロセスを確立し、新機能材料創成技術を実現する。さらに、これらの技術を用いて高性能・高機能電子材料、医薬中間体などの部材を開発する。

#### ③研究開発期間

2006年度～2010年度

### (3) 循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト（運営費交付金）

#### ①概要

我が国で発見された光触媒技術の新産業分野開拓を目指し、サイエンスにさかのぼることにより、紫外光のみならず、可視光レベルでの性能・機能の飛躍的な向上のための技術基盤を構築する。これにより、従来では困難とされてきた医療関連分野や住宅建材分野、環境関連分野等に光触媒技術を導入し、安心・安全な環境を提供できる技術を開発する。

#### ②技術目標及び達成時期

2011年度までに、材料レベルで紫外光活性2倍、可視光活性10倍の感度向上を達成し、その高感度光触媒を適用した成膜プロセス技術の基盤技術を確立する。

#### ③研究開発期間

2007年度～2011年度

### (4) 高感度環境センサ部材開発

#### ①概要

ダイオキシンをはじめとする極微量有害有機物質を超高感度で安価かつ簡易に計測するために、高感度セラミックセンシング材料を用いた環境センサーを開発する。

#### ②技術目標及び達成時期

2010年度までに、ダイオキシン類、エストラジオール及びビスフェノールAについて、0.001ng・mlの濃度において有意な電気信号として検出し得る小型・携帯型計測器に挿入可能な寸法のセンサ部材の開発を目標とする。

#### ③研究開発期間

2006年度～2010年度

### (5) 次世代高信頼性ガスセンサー技術開発（運営費交付金）（再掲）

#### ①概要

一酸化炭素中毒やガス漏れなどのガス事故を限りなくゼロに近づけるため、センサー素子のナノレベルでのメカニズム解析及び開発設計を行い、コードレスで高信頼性を有

する次世代高信頼性ガスセンサー（COセンサー・メタンセンサー）を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

#### ②技術目標及び達成時期

2011年度までに、最先端のナノテクノロジー及びMEMS技術を導入し、電池駆動で5年以上の長寿命、高信頼性（数百ppm以下の故障率）、低コストなCOとメタンのセンサーを開発する。

#### ③研究開発期間

2008年度～2011年度

### (6) 環境調和型水循環技術開発（運営費交付金）（再掲）

#### ①概要

我が国が強みを持つ、膜技術を始めとする水処理技術を強化し、省水型・環境調和型の水循環システムの開発に資する省エネ・省水型の要素技術を開発する。

#### ②技術目標及び達成時期

2013年度までに、以下の技術を開発する。

##### ・革新的膜分離技術の開発：

従来法に比べ膜透過加圧エネルギー等を50%以上削減。

##### ・省エネ型膜分離活性汚泥法（MBR）技術の開発：

従来法に比べ膜洗浄の曝気（空気気泡）エネルギー等を30%以上削減。

##### ・有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発：

従来法に比べ汚泥の削減により汚泥処理・処分エネルギーを80%以上削減。

##### ・高効率難分解性物質分解技術の開発：

従来法に比べ窒素処理に係るエネルギーを50%以上削減。

オゾン酸化法等のエネルギーを50%以上削減。

#### ③研究開発期間

2009年度～2013年度

### 材料・部材領域

極めて広範囲な産業領域に波及する材料・部材領域について、ユーザー製造業等との連携（川上・川下連携）を促進し、高度な部材産業群の「すり合わせ力」を一層強化する。

#### (1) 鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発（運営費交付金）（再掲）

##### ①概要

プラント、構造物や自動車等の革新的な高効率化、省エネルギー化、長寿命化、安全・安心化を図るため、最新の科学的知見を導入し、鉄鋼材料及び鋼構造体を超高機能化する基盤的研究開発を行う。具体的には、高強度鋼、高機能鋼の実用化拡大の基盤となる(1)高級鋼厚板(高強度鋼、極低温用鋼、耐熱鋼)溶接部の信頼性・寿命を大幅に向上する溶接施工技術(高密度・清浄熱源溶接技術)、及び金属組織制御技術を基本とする材料技術(クリーブ破壊及び水素破壊の機構解明等を踏まえた)の開発、(2)部材の軽量化を図るために強度、加工性等の最適機能傾斜を付与する機械部品鍛造技術(駆動部材の信頼性確保のための耐疲労破壊特性の向上を踏まえた)の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、高級鋼厚板（高強度鋼・極低温用鋼・耐熱鋼）の溶接を予熱・後熱なしに可能とする溶接技術と材料技術を開発するとともに、傾斜機能部材の鍛造技術を開発する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(2) 超ハイブリッド材料技術開発（運営費交付金）

①概要

従来実現が不可能と考えられていた相反する複数機能（トレードオフ機能）を両立できる材料を、異種素材の組合せ（ハイブリッド化）により実現するための技術を開発する。要素技術として、異種材料間の界面挙動をシミュレーション技術等により解明し、ナノレベルよりもさらに微小な原子・分子レベルでのハイブリッド化構造・配列制御のための合成技術を開発する。従来の単一材料では実現困難であったトレードオフの性能を引き出すことで、自動車用構造材料、パワーデバイス用材料、光学材料等を出口イメージとした、高機能革新部材製造に必要な技術基盤を開発する。

②技術目標及び達成時期

2011年度までに、電気・電子材料、光学材料、その他工業材料について従来材料では実現できなかった相反機能を解消するとともに、市場評価が可能な成果物を供試し、市場（ユーザー）から、客観的な実用化研究開発課題を抽出する。また、単なる相反機能の解消ではなく、相反機能を制御・実現する技術を開発する。

③研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) 先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発（運営費交付金）

①概要

電界紡糸や溶融紡糸等により創製される極微細な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た革新的部材を創出する。高機能新材料を求めるユーザーの要望を満たす繊維の極微細加工と高次複合化を解決する基盤技術開発を行う。

②技術的目標及び達成時期

2010年度までに、電界紡糸法による繊維高機能化、大型装置化技術およびナノ溶融分散紡糸法による超極細炭素繊維製造技術を開発し、これら基盤技術を活用して、高性能・高機能電池用部材、高性能・高機能フィルター用部材、高性能・高機能医療衛生用・産業用部材を開発する。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 次世代光波制御材料・素子化技術（運営費交付金）（再掲）

#### ①概要

ガラス材料に関する精密モールド技術を確立し、機能性の高い光波制御素子を低コストで生産できるプロセス技術を開発することで部材の小型化・高機能化を図りつつ、省エネを実現する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

#### ②技術目標及び達成時期

2010年度までにサブ波長レベルの微細構造をガラス表面にモールド成形する技術を実現し、実装可能な具体的なデバイスを作製する。

#### ③研究開発期間

2006年度～2010年度

### (5) 高機能複合化金属ガラスを用いた革新的部材技術開発（運営費交付金）

#### ①概要

複合化金属ガラス（金属ガラスマトリックス中に第二相として微結晶や微粒子または微小空隙等を分散させたもの）を創製して、次世代高密度記録媒体、超微小モータ用部材および高強度・高導電性電気接点部材を開発する。

#### ②技術目標及び達成時期

2011年度までに、複合化金属ガラス合金を創製し、従来の金属ガラス単層合金の持つ優れた特徴に加えて、塑性加工性、硬磁気特性、高電気伝導性等を付与する。この複合化金属ガラスの新規特性を用いて、従来の金属ガラス単層合金では為しえなかった革新的部材の開発を行い、さらに多様な工業製品に応用することで、我が国産業の優位性を確保する。

#### ③研究開発期間

2007年度～2011年度

### (6) マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト（運営費交付金）

#### ①概要

マグネシウム合金部材について、製品歩留まりが高く、高耐疲労性を付与する鍛造技術の開発を行う。また、循環型素材としてのマグネシウム合金部材の特性を活かし、リサイクル材の鍛造用ビレット化に係る課題抽出を行う。当該技術開発により、マグネシウム鍛造部材製造技術の基盤を構築し、我が国の家電、自動車等の川下産業の競争力の強化に不可欠な高度部材を供給する。

#### ②技術目標及び達成時期

2010年度までに高強度・高耐疲労・加工性に優れたマグネシウム鍛造技術を確立する。

#### ③研究開発期間

2006年度～2010年度

### (7) 低炭素社会を超軽量・高強度融合材料プロジェクト

#### ①概要

日本で発見されたカーボンナノチューブ（CNT）は、電気や熱をよく通す、高強度で高い柔軟性を持つ等、非常に多くの優れた特性を持つ新規ナノ材料である。このCNTと既存材料との融合を通じて、世界をリードする成長産業の創出に貢献する高機能、高性能な新規融合材料の開発を目指す。

②技術目標及び達成時期

2011年度までにCNTの形状、物性等の制御、分離・評価技術、既存材料中に分散する技術など融合基盤研究を、2014年度までにCNTを既存材料と融合させた応用研究開発技術を確立する。

③研究開発期間

2010年度～2014年度

． 共通基盤領域

ナノテクノロジーにおけるリスク不安に対処するため、リスク管理手法を開発し、社会に貢献する産業化のための支援を推進する。

(1) ナノ粒子の特性評価手法開発（運営費交付金）

①概要

ナノ粒子のキャラクタリゼーション、計測技術の確立とともに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びナノテクノロジーによるリスク不安に対処したリスク管理手法を開発する。

②技術目標及び達成時期

2010年度までに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びリスク評価手法を開発し、ナノ粒子のリスク評価及び管理の考え方の提言を行う。

③研究開発期間

2006年度～2010年度

5. 政策目標の実現に向けた環境整備（関連施策）

ナノテクノロジーは、情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの分野における科学技術の進歩や課題解決に貢献する重要な技術シーズである。そのため、ナノテクノロジーの研究開発と一体となった関連施策を実施することで、その成果を市場に出していくことが重要である。主な関連施策を、以下に示す。

[技術戦略マップ]

- ・NEDO及び経済産業省では、技術戦略マップを策定、毎年改訂し、ナノテクノロジー・部材分野の将来の方向性を見定めながら、合理的かつ効果的な研究開発プロジェクトを推進している。また、技術戦略マップを活用して、多様な連携（川上川下の垂直連携、異業種間の水平連携など）による研究開発を促進、支援し、当該分野の技術革新を促進している。

[サンプル提供・実用化促進]

- ・NEDOでは、実施する研究開発プロジェクト成果のサンプルを対象として、それらを活用した用途の開発、実用化ないし製品化提案を有する企業とのマッチングを図ることで、プロジェクトの事業化を促進する取組みを実施している(サンプルマッチング事業)。

#### [基準・標準化]

- ・経済産業省では、ナノテクノロジー関連の研究開発成果を社会及び市場等に普及するための環境整備として、ナノテクノロジーの標準化活動（ISO/IEC、JIS）を推進している。

#### [広報]

- ・ナノテクノロジーに関する先端技術及び製品等の世界最大の展示会である「nano tech」が毎年日本で開催されている。

#### [社会受容]

- ・ナノテクノロジーの産業化の推進とともに、ナノ粒子のキャラクタリゼーション技術や人の健康や環境に及ぼす影響等の潜在的な課題に関する知見を蓄積する等のナノテクノロジーの社会受容に対する取組みを推進している。
- ・経済産業省では、2006年度から「ナノ粒子の特性評価手法開発」を開始し、工業ナノ粒子のリスク評価管理手法の確立を目標としたプロジェクトを開始し、2009年10月に「ナノ材料リスク評価書」（中間報告書）を公表した。また、政策的対応として、2009年3月に取りまとめた「ナノマテリアル製造事業者等における安全対策のあり方研究会」報告書に基づき、ナノマテリアルの製造事業者等における自主的な安全対策を促進するための情報収集・開示プログラムを実施している。
- ・OECDでは、2006年9月、化学品委員会に工業ナノ材料作業部会（WPMN）が設置され、代表的な14種の工業ナノ材料について、試験計画の合意と試験実施を目的とする「スポンサーシッププログラム」が実施されている。スポンサーシッププログラム対象物質のうち、カーボンナノチューブ（単層、多層）、フラーレンの3物質については日本が中心となって担当し、「ナノ粒子の特性評価手法開発」等の成果で貢献している。

#### [人材育成]

- ・独立行政法人産業技術総合研究所は、「ナノテク製造中核人材の養成プログラム」を実施し、情報家電、燃料電池、ロボット、医療機器、バイオ等の応用分野において、その産業の基盤と創出を支える中堅企業を対象として、「基礎加工技能・技術、特殊な要素技能・技術に習熟し、製造技術の高度化を図る人材」及び「豊富なナノ加工プロセスの知識や先端機器を使いこなすノウハウ等を習熟し、製造現場の技能・技術を統括できる人材」の育成を行っている。
- ・NEDOでは、我が国の産業技術の発展のため、先端分野や融合分野の技術を支える人材の育成と、人的交流の面から産学連携を促進するための「場」の形成を促進する取組みを実施している（NEDO特別講座）。具体的には、優れた成果を生み出しつつあり、大学が技術の中核となっている研究開発プロジェクトをコアプロジェクトとし、そのプロジェクトリーダーの所属大学に拠点を設置し、関連技術の人材育成、人的交流の拡大、周辺研究の実施を行うもの。ナノテクノロジー関連の研究開発プロジェクトも複数実施している。

#### [関係機関との連携]

- ・ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発－うち新材料・新構造ナノ電子デバイス、希少金属代替材料開発プロジェクトにおいては、文部科学省との合同会議を設

置するなど、連携しつつプロジェクトを推進している。

- ・経済産業省・文部科学省が協力のもと、平成21年6月より産業技術総合研究所、物質・材料研究機構、筑波大学が中核なり、茨城県つくば市において世界的なナノテク研究拠点を形成するための「つくばイノベーションアリーナ(TIA nano)」構想が推進されている。ナノエレクトロニクス、カーボンナノチューブ、ナノ材料安全評価などの研究領域、ナノデバイス実証・評価ファウンドリーなどのインフラを生かし、主要企業・大学との連携網を広げ、産学官に開かれた融合拠点として、ナノテクの産業化と人材育成を一体的に推進することとしている。

## 6. 研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金により実施されるもの（事業に（運営費交付金）と記載したものは、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で、当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

## 7. 改訂履歴

- (1) 平成12年12月28日付け制定。
- (2) 平成14年2月28日付け制定。材料ナノテクノロジープログラム基本計画（平成12・12・27工総第16号）は、廃止。
- (3) 平成15年3月10日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成14・02・25産局第8号）は、廃止。
- (4) 平成16年2月3日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成15・03・07産局第1号）は、廃止。
- (5) 平成17年3月31日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成16・02・03産局第7号）は、廃止。
- (6) 平成18年3月31日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成17・03・25産局第4号）は、廃止。
- (7) 平成19年4月2日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成18・03・31産局第13号）は、廃止。
- (8) 平成14年2月28日付け制定。
- (9) 平成15年3月10日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成14・02・25産局第9号）は、廃止。
- (10) 平成16年3月7日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成15・03・07産局第5号）は、廃止。
- (11) 平成17年3月31日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成16・03・07産局第5号）は、廃止。
- (12) 平成18年3月31日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成17・03・25産局第3号）は、廃止。
- (13) 平成19年4月2日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成18・03・31産局第14号）は、廃止。
- (14) 平成20年4月1日付け、ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画制定。



ナノテクノロジープログラム基本計画（平成19・03・20産局第1号）および革新的部材プログラム基本計画（平成19・03・19産局第4号）は、本イノベーションプログラム基本計画に統合することとし、廃止。

（15）平成21年4月1日付け制定。ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画（平成20・03・24産局第1号）は、廃止。

（16）平成22年4月1日付け制定。ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画（平成21・03・27産局第2号）は、廃止。

## (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」基本計画

ナノテクノロジー・材料技術開発部

## 1. 研究開発の目的・目標・内容

## (1) 研究開発の目的

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。

そこで本プロジェクトは、『部材分野の技術戦略マップを活用し、将来の部材の基盤技術の方向性を見定めるとともに、材料関係者だけでなく多様な連携(川上川下の垂直連携、材料創成と加工の水平連携等)による基盤技術開発を支援することで、部材分野の技術革新を促進すること』を目的とした「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の中で、特に『川上・川中・川下の各段階における擦り合わせの連鎖こそが我が国高度部材産業の強みとなっていることから、この擦り合わせ力の向上に貢献すること』を目的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、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技術開発機構」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、以下のプロジェクトを実施する。

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、 ナノ溶解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 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する。

## (2) 研究開発の目標

### 【共通基盤技術】

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

電界紡糸では大型装置における電場、溶液、温度、湿度等の制御により、

中間目標：平成 20 年度に直径のばらつきが均質な超極細繊維の製造技術を開発する。不織布状材料（ファブリック）、コーティング、フィラメントにおいての高速製造技術を開発する。

最終目標：平成 22 年度には平成 20 年度に比べて直径及びばらつきが半分以下の均質な超極細繊維の製造技術、不織布状材料、コーティング、フィラメントにおいて倍以上の高速連続製造を達成する。超極細繊維材料を各種用途に対応させるために、評価・計測に伴う結果を利用して繊維高機能化技術の開発を行う。

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

中間目標：平成 20 年度に直径サイズを低減、比表面積を増大した炭素超極細繊維を開発する。さらに短時間で不融化する技術開発を行う。

最終目標：平成 22 年度においては平成 20 年度に比べて平均直径で 1/5 以下、比表面積 5 倍程度、不融化時間を 1/3 以下の炭素超極細繊維の製造技術の開発を行う。

### 【実用化技術】

高性能、高機能電池用部材の開発

上記、共通基盤技術で得られた成果を用いることにより燃料電池、小型蓄電池、高機能電池等のエネルギー密度、出力（パワー）密度を向上し、薄型化、低コスト化した電池を開発する。

高性能、高機能フィルター用部材の開発

上記、共通基盤技術で得られた成果を用いることにより超超純水製造プロセスフィルター、超耐熱性有機および超耐熱性無機フィルター等において、捕捉能力、耐熱性向上、有害物質濃度、圧力損失低減したフィルターを開発する。

高性能、高機能医療衛生・産業用部材の開発

上記、共通基盤技術で得られた成果を用いることによりヒューマンインターフェース医療衛生部材、産業用部材等において、捕捉能力向上、圧力損失低減、細孔サイズ微細化、透湿性能向上、身体防護可能な医療衛生・産業用部材を開発する。

### (3) 研究開発内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

#### 【共通基盤技術】

- ①電界紡糸法における繊維高機能化技術の開発
- 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

#### 【実用化技術】

- 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

## 2. 研究開発の実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDO技術開発機構が、単独ないし複数の原則、本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない。）から公募によって研究開発実施者を選定し実施する。

研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、研究体にはNEDO技術開発機構が委託先決定後に指名する研究開発責任者（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 明彦を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

本研究開発において、NEDO技術開発機構が主体となって行うべき基礎的・基盤的研究開発であると判断される研究開発内容に示した①②の事業は委託により実施し、市場化に向けた産業界の具体的な取り組みが示されるべき実用化研究開発であると判断される研究開発内容に示した③④⑤の事業は助成（助成率1/2）により実施する。

### (2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO 技術開発機構は、経済産業省および研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的および目標、並びに、本研究開発の目的および目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて設置される技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

## 3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成18年度から平成22年度までの5年間とする。

## 4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平

成20年度、事後評価を平成23年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

## 5. その他の重要事項

### (1) 研究開発成果の取扱い

- ・ 共通基盤技術の形成に資する成果の普及

研究開発成果については、NEDO技術開発機構、実施者とも普及に努めるものとする。

- ・ 知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準情報（TR）制度への提案等を積極的に行う。

- ・ 知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第26条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

### (2) 基本計画の変更

NEDO技術開発機構は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

### (3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第2号及び3号に基づき実施する。

### (4) その他

本研究によって得られたあらゆる知的財産、また本研究の過程または成果に基づき開発したプログラム、サンプルもしくは装置などの成果物について、本プロジェクト外（国内外）への供試・開示については、事前にプロジェクトリーダーとNEDO技術開発機構に連絡する。

その際に、NEDO技術開発機構が申請書の提出を求めた場合は、これに応じ速やかに提出する。

## 6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成18年3月、制定。

(2) 平成18年6月、研究開発責任者（プロジェクトリーダー）決定に伴い改訂。

(3) 平成19年3月、研究開発動向に合わせ目標値の単位を一部変更。

(4) 平成20年7月、イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目

的」の記載を改訂。

(別紙) 研究開発計画

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. 研究開発の必要性

燃料電池、情報家電分野、環境・エネルギー分野、医療・福祉／安全・安心分野に求められる高機能部材を、繊維・樹脂分野の新素材開発により創成する。ユーザーの要望に対応する高度部材を供給するためには、繊維の極細化やナノ加工及び高次複合化が必須であり、これらを解決するためには高分子材料、無機材料を用いた超極細繊維や超微細構造繊維を製造し、事業化へのステップのために大型装置を用いた電界紡糸（エレクトロスピンニング）の基盤技術開発が必要である。またこれらを促進するためには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、および材料の安全性の確保が必要であり、さらに用途展開を行う上でナノ構造制御をはじめとする制御技術、被覆技術（コート）、複合化技術等の基盤技術構築が必要である。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### (1) 大型電界紡糸装置基盤技術の開発

高分子材料や無機材料等の超極細繊維を製造し、革新部材として各種用途試験を行い実用に供するためには、不織布状材料化、コーティング化、フィラメント化が可能な高速で大型の電界紡糸装置が必要である。このために、従前とは異なるノズル製造技術、電界の制御技術、流体制御技術及び溶媒と繊維塵回収技術等の基盤技術開発を行う。

#### (2) 電界紡糸法における繊維高機能化技術の開発

電界紡糸法において製造される超極細繊維材料を実用に供するために、ナノ構造制御をはじめとする制御技術、被覆技術、複合化技術、ボイド化技術、中空糸化技術、固定化技術、再配列化技術、分散化技術等の繊維高機能化技術の開発を行う。

電界紡糸法において超極細繊維の直径、構造、形態、製造速度等を制御するには高電場下における高分子の溶液物性の評価・計測が必要であり、これらの方法の開発を行う。また電界紡糸法やそれに引き続く高機能化技術より製造された超極細繊維や超微細構造繊維における構造や物性の評価・計測法、および安全性の評価等について検討する。

### 3. 達成目標

#### (1) 大型電界紡糸装置基盤技術の開発

電界紡糸では大型装置における電場、溶液、温度、湿度等の制御により、

中間目標：平成 20 年度に直径 100nm、ばらつき 50%以下の均質な超極細繊維の製造技術を開発する。

最終目標：平成 22 年度には 20  $\mu$  l /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。

これは超高性能エアフィルターの実現に必要な値であるがすべての実用化部材の基準となる。

#### (2) 電界紡糸法における繊維高機能化技術の開発

大型装置は  $20\mu\text{l}/\text{本}\cdot\text{分}$  の噴出速度を有する 20 万本のノズルから構成される機能に相当しており、  
中間目標:平成 20 年度には不織布状材料において  $30\text{m}/\text{分}$ 、コーティングにおいて  $150\text{m}/\text{分}$ 、  
フィラメントにおいて  $30\text{m}/\text{分}$  の製造速度を達成する。

最終目標:平成 22 年度には不織布状材料において  $60\text{m}/\text{分以上}$ 、コーティングにおいて  $300\text{m}/\text{分以上}$ 、  
フィラメントにおいて  $60\text{m}/\text{分以上}$  の高速連続製造を達成する。

さらに得られた各種知見を利用して必要な太さにおける単分散超極細繊維製造、超微細構造繊維化、被覆化、複合化へと展開することができる。

## 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」

### 1. 研究開発の必要性

燃料電池、情報家電分野、環境・エネルギー分野、医療・福祉／安全・安心分野に求められる高性能部材を、繊維・樹脂分野の新素材開発により創成する。ユーザーの要望に対応する高度部材を供給するためには、繊維の極細化やナノ加工及び高次複合化が必須であり、これらを解決するためには炭素材料を用いた超極細繊維や超微細構造繊維を製造し、溶融極細繊維紡糸（ナノ溶融分散紡糸）の基盤技術開発が必要である。またこれらを促進するためには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、および材料の安全性の確保が必要であり、さらに用途展開を行う上でナノ構造制御をはじめとする制御技術、被覆技術、複合化技術等の基盤技術構築が必要である。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### (1) 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

炭素超極細繊維は電極等における革新部材として用途試験を行い実用に供される。大型装置による超微細混練・紡糸技術、炭素高速不融化・焼成技術、結晶構造制御技術等の確立により製造時間の短縮とそれに伴うコスト低下を図るための技術開発を行う。さらに高機能化を図るための表面ナノ多孔化、超微細構造繊維化、被覆化、複合化技術の開発を行う。ナノ溶融分散紡糸法により製造された超極細繊維や超微細構造繊維における構造や物性の評価・計測法、および安全性の評価等について検討する。

### 3. 達成目標

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、

中間目標：平成 20 年度に直径 500nm、比表面積 300m<sup>2</sup>/g の炭素極細繊維に対し、不融化時間を現状の 1/3 を達成する。

最終目標：平成 22 年度においては平均直径 100nm、比表面積 1500m<sup>2</sup>/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。

これは蓄電材料の実現に必要な値であるがすべての実用化部材の基準となる。また不融化時間を現状の 1/10 に短縮し製造コストを低下させることが可能となる。さらに各種知見を利用して必要な太さにおける超極細繊維製造、超微細構造繊維化、被覆化、複合化へと展開することができる。



## 研究開発項目③「高性能、高機能電池用部材の開発」

### 1. 研究開発の必要性

炭素超極細繊維を用いたパッシブ型燃料電池は、酸素供給性、CO<sub>2</sub>排気性、集電性、触媒保持性に優れ薄層化が可能となる。さらに燃料や酸素の強制供給を必要としないことから超小型化 DMFC (Direct Methanol Fuel Cell) として期待されており、携帯テレビ電話、無充電モバイルパソコン、電動スクーター・カート、ロボット、パワースーツ等に必要である。また、炭素超極細繊維を用いた小型蓄電池はパワー密度及びエネルギー密度が高く瞬発性と持続性に優れており、現状対比 1/5 の低コスト化が可能となることから、高性能携帯用情報家電機器、ハイブリッド自動車、燃料電池車に必要である。さらに炭素超極細繊維を用いた薄型電池は薄型フレキシブルで高速充電可能なユビキタス電池であり、アクティブ型の IC カードやタグ、ウェアラブルデバイス、電子ペーパー等の広範なユビキタスデバイスに必要である。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### (1) パッシブ型燃料電池の開発

電界紡糸法により超極細繊維複合布の革新的形成技術を確立し、次に電界紡糸法と焼成技術を用いて超極細炭素繊維複合布の一括多層化技術を確立する。さらに超極細炭素繊維複合電極における超極細構造効果発現の実用化技術の開発を行い、これらの電極と電解質膜を用いて MEA (Membrane and Electrode Assembly) を構成し、電池の基礎性能を確認後、パッシブ型燃料電池を組み立てる。これと同時に副生成物分解電極の開発も実施する。さらに本電池をデジタル TV 放送等動画対応型携帯電話機に内蔵する。

#### (2) 小型蓄電池の開発

ナノ溶融分散紡糸法により開発された炭素超極細繊維を使用する。まず、炭素超極細繊維作成技術確立後、電池性能を飛躍的に高性能化する超極細繊維のナノ孔構造制御技術開発を行う。次に、スーパーキャパシタ試作を行い基本性能評価後、実用化技術検討及び実用レベルでの性能評価を行う。当初は小容量スーパーキャパシタの製造から始め、順次中容量、大容量と容量を増大させ、大量生産技術の確立を図る。

#### (3) 薄型電池の開発

ナノ溶融分散紡糸法により開発された炭素超極細繊維を使用する。高速充電を図るために超極細炭素繊維との高次複合化によるラジカルポリマーの導電性向上を目指し、ラジカルポリマーと電解液の最適組合せによる電極反応速度の向上についても検討する。さらにエネルギー密度の向上も踏まえて、本超極細炭素繊維に適した新ラジカルポリマー開発及び部材/電池構成最適化による電極パック (充填) 率の向上を目指す。また、カード、タグに内蔵可能な薄型化を目指し、本超極細炭素繊維へのインクジェット印刷法などによるラジカルポリマーのコーティング技術を確立する。これら技術要素を融合して目標とする薄型電池の構成と大量生産技術の構築を図る。

### 3. 達成目標

#### (1) パッシブ型燃料電池の開発

中間目標：平成 20 年度は電極の厚さが 120 μm、燃料電池出力密度が 50 mW/cm<sup>2</sup> を達成する。

最終目標：平成 22 年度は電極の厚さが 100 μm 以下、燃料電池出力密度が 100 mW/cm<sup>2</sup> 以上、及び低コスト化を実現する。

(2) 小型蓄電池の開発

小型蓄電池である電気二重層キャパシタにおいて、

中間目標：平成 20 年度はエネルギー密度 20Wh/l、出力密度 5kW/l を達成する。

最終目標：平成 22 年度はエネルギー密度 200Wh/l、出力密度 10kW/l を達成する。

既存技術の水準は、粒状炭素質を賦活処理した粒状活性炭を用いているため、高比表面積の形成に限界がある。蓄電材料として現状の性能を凌駕する事を目的とし、炭素超極細繊維を用い、微細構造及び細孔径形成を制御する。

(3) 薄型電池の開発

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、

中間目標：平成 20 年度は厚さ 0.3 mm、パワー密度～5 kW/L、エネルギー密度～50 Wh/L を達成する。

最終目標：平成 22 年度は厚さ 0.2 mm、パワー密度～10 kW/L、エネルギー密度～100 Wh/L を達成する。

## 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. 研究開発の必要性

超超純水用プロセスフィルターでは不溶性基材による超極細繊維の製造、ならびに、超極細繊維への有害物質除去機能（イオン交換基や吸着物性）の付与によりノニオン及びアニオンやカチオンの除去が十分に行われる。またモジュール化、カートリッジ化等のアSEMBリにおいて、最終使用形態自体からの不純物の溶出がゼロに近いことおよびカートリッジ生産コストの低下を実現することからデバイス産業のみならず食品や医薬品等様々な分野に必要である。超耐熱性無機フィルターでは目標を達成すると使用電力量が約 40%削減される。また、耐熱性に優れる無機材料は脆弱でフィルター化が出来なかった。その無機材料からなる超極細繊維において柔軟性（曲げても折れない特性）を実現し、耐熱温度 1000℃以上のフィルターを実現する。これによって、焼却炉排気ガスの冷却工程が必要なくなる。また、本フィルターでは、無機材料の選択により、有害物質の分解除去も可能となる。このことから本フィルターは焼却用排気ガスや有害化学物質等の除去に必要である。耐熱性有機フィルターでは必要な耐熱性を維持しつつ、現状のガラス繊維では困難であった、焼却廃棄が可能で、ガラス繊維再飛散に起因するアスベスト類似作用の問題の解決につながることから従来のガラス繊維フィルターの代替に必要である。また焼却炉やその他排ガスのフィルターにも必要とされる。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### (1) 超超純水製造プロセスフィルターの開発

超極細繊維製造及び改質を行うと同時に微量イオンや有機化合物の吸着除去発現機構解明を行う。次にフィルターの試作及びクリーンな環境下での評価試験を行い、アSEMBル技術を用いてフィルターモジュールの製作を行う。さらに長期性能評価と各種除去システムとのハイブリッド化技術を確立する。

#### (2) 超耐熱性無機フィルターの開発

セラミックス系材料を用いて超極細繊維製造を行うと同時に紡糸基本条件の設定を行う。次にフィルター基本性能評価を行ったあと、コンポジット技術の確立を図る。さらにフィルター製造を行い、フィルターユニットを組み立て、試験後実用化する。

#### (3) 耐熱性有機フィルターの開発

アラミド系高分子を用いて超極細繊維製造を行うと同時に紡糸基本条件の設定を行う。次にフィルター基本性能評価を行ったあと、ファブリックの積層法技術の確立を図る。さらにフィルター製造を行い、フィルターユニットを組み立て、試験後実用化する。

### 3. 達成目標

#### (1) 超超純水製造プロセスフィルターの開発

中間目標:平成 20 年においてイオン交換樹脂からの有機物に関して TOC 濃度で 1ppb 程度及び金属類を 0.05ppt 程度を達成する。

最終目標:平成 22 年度は TOC 濃度で 0.1ppb 以下、及び金属類を 0.01ppt 以下を達成する。

目標値を達成するにはイオン交換繊維だけではなく活性炭、逆浸透膜等に用いている母材の分解、エネルギー消費量大などの課題がある。

#### (2) 超耐熱性無機フィルターの開発

中間目標:平成 20 年度は 0.1 μm 粒子が 90%捕捉可能な初期圧力損失が 180Pa であり、耐熱性 800℃を達成する。

最終目標：平成 22 年度は、0.1 μm 粒子が 90% 捕捉可能な初期圧力損失が 120Pa であり、耐熱性 1000 を達成する。

(3) 耐熱性有機フィルターの開発

中間目標：平成 20 年度は 0.1 μm 粒子が 90% 以上捕捉可能な初期圧力損失が 180Pa であり、耐熱性 300°C を達成する。

最終目標：平成 22 年度は、0.1 μm 粒子が 99% 捕捉可能な初期圧力損失が 120Pa であり、耐熱性 400°C 以上を達成する。

## 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」

### 1. 研究開発の必要性

繊維の極細加工と高次立体複合化により、医療衛生分野での医療事故やウイルス感染の防止の観点から、スーパークリーンルーム用部材及びヒューマンインターフェース医療衛生部材として、ウイルス・細菌の侵入や超微細ゴミを完全に除去する部材や着用快適性に優れたクリーン服・身体防護ウェア部材、針の刺さない高強度部材が必要とされ、手袋、ウェア、マスク等の医療用・産業用資材や食品や有害物質等の汚染防止保護材等、多岐材料に応用可能となる。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### (1) スーパークリーンルーム用部材の開発

電界紡糸法を用いて高性能高分子を超極細繊維化した後、本超極細繊維と賦活化処理した超極細活性炭素繊維とを一体成型することにより、高性能ケミカルフィルター性能を併せ持つスーパークリーンルーム用部材を製造する。これらをフィルター化及びフィルターユニット化すると同時に防塵部材化を行い性能試験後実用化する。

#### (2) ヒューマンインターフェース医療衛生部材の開発

電界紡糸法における立体成型技術の開発と平行させながら本技術開発を進める。電界紡糸法を用いて、まず、抗菌・消臭機能を有する平面型高機能部材を開発し、次に針の刺さない高強度部材としての立体型高機能部材を開発する。また超微細ゴミや菌の侵入を完全に除去する一体型高機能部材の開発を行う。さらに長時間着用快適性にすぐれた身体防護ウェアとしての複合一体型高機能部材の開発を行う。

### 3. 達成目標

#### (1) スーパークリーンルーム用部材の開発

本プロジェクトの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素繊維を一体成型することにより、

中間目標：平成 20 年度において初期圧損が約 180Pa で捕集効率が 99.97% (直径 0.3 μm 粒子) を達成する。

最終目標：平成 22 年度は初期圧損が約 130Pa で捕集効率が 99.97%以上 (直径 0.3 μm 粒子) を達成する。

この結果、クラス 1 のスーパークリーンルームを実現する。

#### (2) ヒューマンインターフェース医療衛生部材の開発

中間目標：平成 20 年度はウイルス除去のため、細孔サイズを 30nm、着用快適性の指標としての透湿性能を 18,000ml/24h/m<sup>2</sup>、0.5mm 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 130° を達成する。

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 10nm、着用快適性の指標としての透湿性能を 20,000ml/24h/m<sup>2</sup>、0.08mm 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。

# 事前評価書（案）

作成日		平成18年1月26日
1. 事業名称 (コード番号)	先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発 (革新的部材産業創出プログラム)	
2. 推進部署名	ナノテクノロジー・材料技術開発部	
3. 事業概要	<p>(1) 概要： 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を行うことで材料のパフォーマンスを高機能化し、革新部材を創出することを目的としている。 このために電界紡糸（エレクトロスピンニング）及び熔融極細繊維紡糸（ナノ熔融分散紡糸）の大型装置を用いて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を行う。 さらに用途展開を行う上で必要な超微細構造制御をはじめとする制御技術、被覆技術（コート）、複合化技術等の基盤技術構築を図る。 これらの繊維状材料は実用化技術開発で加工され各分野の部材として商品化される。</p> <p>(2) 事業規模：総事業費 約 56 億円 (平成 18 年度事業費 9 億円)</p> <p>(3) 事業期間：平成 18 年度～22 年度（5 年間）</p>	
4. 評価の検討状況	<p>(1) 事業の位置付け・必要性 事業自体の必要性 部材技術マップの「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」に求められる高機能部材を、繊維・樹脂分野の新素材開発により創成する。ユーザーの要望に対応する高度部材を供給するためには、繊維の極細化や極微細加工及び高次複合化が必須であり、これらを解決するためには高分子や炭素を用いた超極細繊維や超微細構造繊維を製造し、事業化へのステップのために大型装置を用いた電界紡糸（エレクトロスピンニング）及び熔融極細繊維紡糸（ナノ熔融分散紡糸）の基盤技術開発が必要である。</p> <p>②上位政策との関係からみた位置付け わが国における高いエレクトロニクス制御技術のポテンシャル及び高分子材料や炭素材料に関する加工分野でのポテンシャルを活かし、また両方を融合しつつ最新の高度加工技術へと発展させ、ユーザーの高機能要望に対応することで新産業創造戦略に貢献することを目指す。</p>	
	<p>(2) 研究開発目標の妥当性 &lt;目標&gt; 【共通基盤技術】 電界紡糸では大型装置における電場、溶液、温度、湿度等の制御により、現状、直径に 100%以上のばらつきがあるのに対し、直径 50nm、ばらつき 20%以下の均質</p>	

な超極細繊維の製造が必要である。これは超高性能エアフィルターの実現に必要な値であるがすべての実用化部材の基準となる。さらに、大型装置は  $20\mu\text{l}/\text{本}\cdot\text{分}$  の噴出速度を有する 20 万本のノズルから構成されており、現状は不織布状材料（ファブリック）において  $20\text{m}/\text{分}$ 、コーティングにおいて  $100\text{m}/\text{分}$ 、フィラメントにおいて  $20\text{m}/\text{分}$  の製造速度に対し、それぞれ  $60\text{m}/\text{分以上}$ 、 $300\text{m}/\text{分以上}$ 、 $60\text{m}/\text{分以上}$  の高速連続製造が可能となる。さらに得られた各種知見を利用して必要な太さにおける単分散超極細繊維製造、超微細構造繊維化、被覆化（コート）、複合化へと展開することができる。

ナノ溶解分散紡糸では大型装置による超微細混練・紡糸技術、炭素不融・焼成技術等の確立により、現状は直径  $1000\text{nm}$ 、比表面積数十  $\text{m}^2/\text{g}$  の炭素超極細繊維に対し、将来においては平均直径  $100\text{nm}$ 、比表面積  $1500\text{m}^2/\text{g}$  の炭素超極細繊維の製造が必要である。これは蓄電材料の実現に必要な値であるがすべての実用化部材の基準となる。また不融時間を現状の  $1/10$  に短縮し製造コストを低下させることが可能となる。さらに各種知見を利用して必要な太さにおける超極細繊維製造、超微細構造繊維化、被覆化、複合化へと展開することができる。

#### 【情報家電、燃料電池分野】

共通基盤技術で得られた成果を用いることにより燃料電池、小型蓄電池、高機能電池等のエネルギー密度、出力（パワー）密度を向上し、薄型化、低コスト化した電池が可能となる。

##### ①パッシブ型燃料電池

パッシブ型燃料電池において現状は燃料電池用電極の厚みが  $200\mu\text{m}$ 、燃料電池出力密度が  $25\sim 50\text{mW}/\text{cm}^2$  に対し、将来は厚みが  $100\mu\text{m}$  以下、燃料電池出力密度が  $100\text{mW}/\text{cm}^2$  以上、及び低コスト化が可能となる。

##### ②小型蓄電池

電気二重層キャパシターにおいて現状はエネルギー密度  $1\text{Wh}/\text{l}$ 、出力密度  $1\text{KW}/\text{l}$  に対し、将来はエネルギー密度  $200\text{Wh}/\text{l}$ 、出力密度  $10\text{KW}/\text{l}$  が可能となる。

既存技術の水準は、粒状炭素質を賦活処理した粒状活性炭を用いているため、高比表面積の形成に限界がある。蓄電材料として現状の性能を凌駕する事を目的とし、炭素超極細繊維を用い、微細構造及び細孔径形成の制御する。

##### ③薄型電池

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、現状は厚さ約  $0.3\text{mm}$ 、パワー密度  $\sim 2\text{kW}/\text{kg}$ 、エネルギー密度  $\sim 10\text{Wh}/\text{kg}$  に対し、将来は厚さ  $0.2\text{mm}$ 、パワー密度  $\sim 10\text{kW}/\text{kg}$ 、エネルギー密度  $\sim 100\text{Wh}/\text{kg}$  が可能となる。

薄型電池は出力特性に優れた二次電池であるとともに、ポリマーであるが故に、今後重要となるユビキタス機器向けに求められる薄型化にも適している。また、薄型電池は日本で開発された技術であり、基本特許を含む特許網も日本企業が押さえている。上記目標は意欲的な数値であるが、今後、極微細導電性繊維等との高次複

合化による高出力化や、新規材料の開発による高エネルギー密度化の可能性を考えると妥当な数値目標であるといえる。

#### 【環境・エネルギー分野】

共通基盤技術で得られた成果を用いることにより超超純水製造プロセスフィルター、超耐熱性有機および超耐熱性無機フィルター等において、捕捉能力、耐熱性向上、有害物質濃度、圧力損失低減したフィルターが可能となる。

##### ①超超純水製造プロセスフィルター

超純水中の不純物のうち、現状ではイオン交換樹脂からの有機物の除去は困難であり金属類は 0.1ppt まで可能であるのに対し、将来はイオン交換樹脂からの有機物に関して TOC 濃度で 0.1ppb 以下（100ppt 以下）及び金属類を 0.01ppt 以下とする表面を改質した超極細繊維からなる水処理用のフィルターの開発が望まれている。

目標値を達成するにはイオン交換繊維だけではなく活性炭、逆浸透膜等に用いている母材の分解、エネルギー消費量大などの課題がある。

##### ②超耐熱性無機フィルター

現状の耐熱性無機フィルターは 0.1 $\mu\text{m}$  粒子が 90%捕捉可能で初期圧力損失が 250Pa であり、脆弱で折り曲げが不可能であるのに対し、初期圧力損失が現状対比半減でき、折り曲げ自在な耐熱温度 1000 $^{\circ}\text{C}$ 以上である超極細繊維からなる超耐熱性無機エアフィルターが可能となる。

##### ③耐熱性有機フィルター

現状の耐熱性有機フィルターは 0.1 $\mu\text{m}$  粒子が 90%捕捉可能で初期圧力損失が 250Pa 程度であるのに対し、将来は 0.1 $\mu$ 粒子 99%捕捉可能という能力を維持しながら、初期圧力損失が現状対比半減でき、耐熱温度が 400 $^{\circ}\text{C}$ 以上である超極細繊維からなるエアフィルターが実現できる。

#### 【医療・福祉／安心・安全分野】

共通基盤技術で得られた成果を用いることによりヒューマンインターフェース医療衛生部材、産業用部材等において、捕捉能力向上、圧力損失低減、細孔サイズを微細化、透湿性能向上、身体防護可能な医療衛生・産業用部材が可能となる。

##### ①スーパークリーンルーム用部材

現在の高性能エアフィルター及びHEPA フィルターの初期圧損はそれぞれ 170Pa 及び 245Pa であり、また現在の高性能エアフィルター及びHEPA フィルターの捕集効率はそれぞれ 90%及び 99.97%である。

本プロジェクトの共通基盤で研究開発した超高強度・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素繊維を一体成型しエレクトリック化技術を加えることにより、初期圧損が約 130Pa で捕集効率が 99.97%以上（直径 0.3 $\mu\text{m}$  粒子）である超高性能フィルターの開発が望まれている。この結果、クラス 1 のスーパークリーンルームが実現可能となる。



## ②ヒューマンインターフェース医療衛生部材

- ・超微細ゴミや菌の侵入を完全に除去する部材の開発

現状、最高レベルの産業用・医療用マスクの細孔サイズは75nm程度であるが、将来は10nmとすることにより、最小サイズのポリオウイルスまで完全に除去することが可能となる。さらに、血液などの侵入を防ぐためには表面に付着させないことが有効である。水との接触角が140～150°になると表面ですべりが生じ付着しなくなることから、現状では100°以下である接触角を将来は150°とすることで血液等の侵入防止を可能となる。

- ・着用快適性にすぐれた身体防護ウェア部材の開発

実着用においては、蒸れが問題となる。現状では、ナイロンシートの透湿性能は100ml/24h/m<sup>2</sup>程度であり、綿のそれは18,000ml/24h/m<sup>2</sup>であるのに対し、将来は、20,000ml/24h/m<sup>2</sup>とすることで着用快適性が確保されることが期待できる。

- ・針の刺さらない高強度部材の開発

医療事故は針によるものが多く、現状の注射針は最小0.5mmである。また、無痛針の開発がなされており将来は0.08mm程度が望まれる。0.08mmの針が貫通しない構造とすることで感染防止することが可能である。

これら材料を複合化することによる目的にあった部材開発が期待できる。

### <妥当性>

目標設定は最終製品のプロトタイプを作製する段階である本事業においては十分と考えられるが、今後有識者ヒアリングなどで意見を聴取し、妥当性について更なる検討を行う必要がある。

## (3) 研究開発マネジメント

公募を行い最適な研究開発体制を構築する。本プロジェクトにおいては、大学と基盤技術開発企業との産学連携による基盤技術確立と、当該基盤技術のユーザーとをプロジェクト開始時より同時立ち上げの垂直連携の形で参加させ、開発目標と評価体制を明確にすることで共同開発の促進と実用化の加速を図る。

プロジェクト開始後3年目に中間評価を予定しており、その評価結果を踏まえて事業全体について見直しを行うことを想定している。

#### (4) 研究開発成果

##### 【共通基盤技術】

電界紡糸においては高速大型装置の実現と本装置を用いた環境・エネルギー分野、燃料電池、情報家電分野、医療・福祉／安全・安心分野の部材等の実用化技術開発に必要な各種高分子材料や無機材料による超極細繊維や超微細構造繊維等の製造を実現する。

ナノ溶解分散紡糸では、炭素極細繊維のナノサイズ溶解分散紡糸技術、高速不融化学技術、結晶構造制御技術、表面ナノ多孔化技術などを確立し、実用的な低コスト製造技術の確立を目指すと共に、電極・電池部材等の実用化に有用かつ必須な炭素材料による超極細繊維や超微細構造繊維等の製造を実現する。

##### 【情報家電・燃料電池分野】

パッシブ型燃料電池では超極細炭素繊維複合電極を形成することにより、酸素供給性、CO<sub>2</sub>排気性、集電性、触媒保持性に優れ薄層化が可能となる。

小型蓄電池における本技術開発が達成されると、現状対比 1/5 の低コスト化が可能となり車載などの大型キャパシターへの展開につながる。

超極細炭素繊維と二次電池活物質の高次複合化技術、並びに薄型電極作製技術の開発により、高速充電可能で薄型フレキシブルな「ユビキタス電池」の基本技術が確立される。

##### 【環境・エネルギー分野】

超超純水用プロセスフィルターでは不溶性基材による超極細繊維の製造、ならびに、超極細繊維への有害物質除去機能（イオン交換基や吸着物性）の付与によりノニオン及びアニオンやカチオンの除去が十分に行われる。またモジュール化、カートリッジ化等のアセンブリにおいて、最終使用形態自体からの不純物の溶出がゼロに近いことおよびカートリッジ生産コストの低下を実現する。

超耐熱性無機フィルターでは目標を達成すると使用電力量が約 40%削減される。また、耐熱性に優れる無機材料は脆弱でフィルター化が出来なかった。その無機材料からなる超極細繊維において柔軟性（曲げても折れない特性）を実現し、耐熱温度 1000℃以上のフィルターを実現する。これによって、焼却炉排気ガスの冷却工程が必要なくなる。また、本フィルターでは、無機材料の選択により、有害物質の分解除去も可能となる。

耐熱性有機フィルターでは必要な耐熱性を維持しつつ、現状のガラス繊維では困難であった、焼却廃棄が可能で、ガラス繊維再飛散に起因するアスベスト類似作用の問題の解決につながる。さらに、初期圧力損失が現状対比半減を達成することで、省エネルギー化にも貢献する。

##### 【医療・福祉／安心・安全分野】

繊維の極細加工と高次立体複合化により、医療衛生分野における針刺し防止部材、生活分野における身体防護ウェア部材、防菌部材、産業資材分野における超クリーンルーム部材を実現する。

## (5) 実用化・事業化の見通し

### 【共通基盤技術】

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平成 32 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平成 32 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平成 32 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。

### 【情報家電・燃料電池分野】

本技術開発によるパッシブ型燃料電池は携帯テレビ電話、無充電モバイルパソコン、電動スクーター・カート、ロボット、パワースーツ等に展開されると最終的な市場は 5 兆 4 千億円と予想されている。

本小型蓄電池技術において開発される電極材料はキャパシター以外にも、燃料電池や Li 電池に応用できる可能性がある。波及効果を含めた市場規模は平成 22 年 1000 億円、その後車載用が展開されれば最終的に 2 兆円と予想されている。そのうち、キャパシター用炭素電極材料は、平成 27 年には 2000 億円が見込まれる。

本事業では、薄型二次電池正極材料の導電性向上に向けた正極材料並びに超極細炭素繊維、及びそれらの高次複合化技術の開発を行なうとともに、薄型電極作製技術を開発し電池性能の実証を行なう。製品イメージは、薄型フレキシブルで高速充電可能なユビキタス電池であり、アクティブ型の IC カードやタグ、ウェアラブルデバイス、電子ペーパー等の広範なユビキタスデバイスへの搭載が期待できる。本事業終了後、信頼性向上と低コスト化等の検討を経て、平成 25 年頃までに実用化する見通しである。これらの技術の普及により、平成 32 年時点で 1 兆円程度の市場創出効果が見込まれる。

### 【環境・エネルギー分野】

本技術によって開発される、超超純水用プロセスフィルターはデバイス産業のみならず食品や医薬品等様々な分野に展開できる。無機系の超耐熱性超極細繊維はフィルター以外にも、各種蓄電材料のセパレーターや複合材料などに応用できる可能性がある。耐熱性有機フィルターはアスベスト代替品として利用できる。

超超純水製造プロセスフィルターは、平成 22 年以降の市場規模は波及効果も含めて 8200 億円と想定されている。大気汚染防止用装置・資材の平成 22 年市場規模は 3 兆円、そのうち超耐熱性無機及び耐熱性有機フィルターの市場規模は 8200 億円と予想されている。

【医療・福祉／安心・安全分野】

本事業では、医療衛生分野での医療事故やウイルス感染の防止の観点から、ウイルス・細菌の侵入や超微細ゴミを完全に除去する部材や着用快適性に優れたクリーン服・身体防護ウェア部材、針の刺さらない高強度部材を開発する。製品イメージは、手袋・ウェア・マスク等の医療用・産業用資材や食品や誘拐物質等の汚染防止保護材等多岐にわたる。これら技術の普及により、平成 27 年時点で 2000 億円程度、平成 32 年頃には 2 兆円規模の市場創出効果が見込まれる。

(6) その他特記事項

NEDO 調査（平成 16 年－17 年）「ナノファイバー技術の実用化課題の調査」によると、「わが国が有する強みである繊維を基とした、セパレーター、フィルター、高強度構造材などの繊維複合材料は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）、バイオ分野への応用は本格的な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」と報告されている。また本報告書をもとに超極細繊維や超微細構造繊維の製造には電界紡糸（エレクトロスピンニング）技術及び熔融極細繊維紡糸（ナノ熔融分散紡糸）技術が重要と判断できる。

5. 総合評価

NEDOの実施する事業として適切であると判断する。

「先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発 基本計画（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について

平成18年3月13日  
NEDO技術開発機構  
ナノテクノロジー材料技術開発部

NEDO POST 3において標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。  
みなさまからのご協力を頂き、ありがとうございました。

1. パブリックコメント募集期間

平成18年2月15日～平成18年2月21日

2. パブリックコメント投稿数＜有効のもの＞

計0件

以上