信州大学「ナノテク高機能ファイバー融合・連携拠点」

Center of Excellence for Sophisticated Fiber Science Using Nanotechnology

白 井 汪 芳

1. はじめに

内閣府は世界を先導しうる先端的な融合領域に着目した研究教育拠点を大学等に形成する「先端融合イノベーション拠点の形成」というプログラムを平成18年に発足させ、現在までに21拠点が指定されイノベーションの創出に向けて研究開発が行われている。信州大学繊維学部は平成10年度からの文部科学省科学研究費COE形成基礎研究費による「先進繊維技術科学研究拠点」、続く21COEプログラムの「先進ファイバー工学研究教育拠点」、グローバルCOEプログラムの活動を通じ21世紀の「ファイバー工学」の確立に向けての教育研究が行われている。これらの成果を踏まえ広い意味で繊維産業の活性化をめざすファイバー工学分野の我が国の研究開発拠点を産業界と協働で形成することを目的に「ナノテク高機能ファイバー融合・連携拠点」の形成を提案し、「先端融合イノベーション拠点形成」プログラムに平成19年度に採択され今年度3年目の再審査に向けての準備を進めている。ここでは、プログラムの概要と今までの成果について紹介する。

2. 先端融合領域イノベーション創出拠点の形成プログラムについて

科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション創出拠点」形成プログラムは、公募要領によると長期的な観点からイノベーションの創出のために特に重要と考えられる先端的な融合領域において、産学官の協働により、次世代を担う研究者・技術者の育成を図りつつ、将来的な実用化を見据えた基礎的段階からの研究開発を行う拠点を形成することを目的としたものである。実施期間は原則10年間で一拠点あたり60億円規模の支援を国が行う大型プロジェクトであるが、協働企業との堅牢な連携のもと、社会的・経済的インパクトの大きな成果が期待されている。そのために費用対効果が求められ、3年目に採択課題ごとに

再審査され、三分の一程度に絞り込みが行なわれる。本拠点も本年度に再審査を受けることになっている。

研究開発の段階を研究者の自由な発想に基づく基礎研究、ある目的に基づく基礎研究・応用研究、製品化を意識した開発研究、および製品化研究に分けると今まで我が国の大学における研究は大部分が基礎研究と若干の基礎研究・応用研究であったといっても過言ではない。図1に示すように基礎研究とある目的に基づく応用研究の間には大きなギャップがあり死の谷と呼ばれ殆どの大学の研究は世の中のためにならないで埋もれてしまっている。また、一般的に開発研究から製品化研究の間にはダーウィンの海と呼ばれる関門がありここでも大部分の研究が落ちてゆく、さらに、これらを乗り越えて製品化したとしてもそこには、死の砂漠が待ち受けているとも言われている。すなわち、イノベーションに結びつく製品開発がいかに難しいかを物語っている。

図1 死の谷を越えるバトンゾーン

そこで、大学と企業が協働し基礎研究から出口志向の研究開発までを一貫して推進し、先端融合領域において、大学のシーズを核にイノベーションを実現するシステムを産学協働で実現しようというわけである。このプロジェクトを第3期科学技術基本計画の目玉として位置づけ図2に示すように特定の政策目的に基づく基礎研究の一部からそれをシーズに結びつける出口志向の開発研究までを科学技術振興調整費を当てて実現させ、出口が明確になった時点の

HIROFUSA SHIRAI

信州大学 特任教授、ナノテク高機能
ファイバー連携前センター長、学校法人
佐久学園常任理事

〒386-0018 上田市常田3-15-1

信州大学繊維学部

E-mail: hirofusa_shirai@hotmail.com

〈専門〉高分子錯体、機能性繊維

研究者の自由な発想に基づく研究

特定の政策目的に基づく基礎研究

出口志向の研究開発（シーズと結びつけ）

出口志向の研究開発（出口が明確）

振興調整費を活用

企業の自己資金や、他の事業化指向の関連予算を活用

基礎研究から出口志向の研究開発までを一貫して推進し、先端融合領域において、大学のシーズを核にイノベーションを実現するシステムを産学協働で実現

- (1) 大学・産業界が計画段階から対等の立場で密接に連携協働し、大学を核に優秀な人材を内外から結集し産学協働による研究開発・人材育成拠点を形成する。また、初期段階から大学・産業界が対等に連携、産業界からの研究資金の提供等応分の負担を含めた明確なコミットメントを得る。
- (2) イノベーションを指向した目標達成型研究開発システムの実現と次代を担う人材の育成

信州大学繊維学部は繊維関連科学技術の基礎から製品化

[illegible]

化を加速する試作機能を整備し、融合人材の育成、さらに匠技術の伝承と関連先端技術の集積と情報の発信を図る。

図4 ナノテク高機能ファイバー融合・連携拠点の目標

3.3 研究組織体制

大学と協働企業との円滑な連携が可能な実務機関として学長直轄のナノテク高機能ファイバーイノベーション連携センターを発足させた。図4にその組織体制を示した。

図5 ナノテク高機能ファイバー連携センターの組織図

研究組織として協働研究推進本部の下に共通基盤研究グループと研究を事業につなぐバトンゾーンとなる7つの共同開発推進グループであるインスティテュートを設置した。

共通基盤研究グループでは共通のブレークスルー技術課題に取り組むナノサイズ繊維、ナノレベル表面・内部構造制御、ナノレベル欠陥制御、バイオミメティックスの4つの部門を置いて大学主導で各部門が連携して活動している。インスティテュートにはハイブリッドナノファイバー、スマートファイバー／テキスタイル、高機能メディカルデバイス、エレクトロニクスファイバー、省資源・バイオマス、評価・調査・規格化の7つの分野を置いて企業主導で大学と協働で活動している。

人事・財務・知的財産の迅速処理が可能になるようにセンターは部局扱いの学内特区となっている。拠点の管理運

営は管理運営委員会を最高決定機関とし、協働開発推進本部、知的財産戦略本部と融合領域人材育成委員会研究を置いている。また、内外のナノテク・繊維系の権威者・学識経験者とセンター幹部から構成される諮問委員会を設けセンターの運営、研究戦略において助言を受けている。

融合分野でのイノベーション創発と知的財産の円滑に有効利用し、実用化を推進するために知的財産戦略本部を設置し、研究成果を一元管理するバンク機構を構築した。協働企業間の競合を避けるために共同研究実施契約書を締結し、知的財産戦略本部細則を制定して研究成果のデータバンク機能を整備した。

融合領域の人材育成を図るために「融合領域人材育成委員会」を設け、企業の若手研究者のために大学教員が京都オフィスに出講講義、研究会と欧米のナノテクノロジー、ファイバー分野の先端研究分野を協働企業の若手技術者を中心に調査研究するスタディーツアー、大学院生を対象にした協働企業の匠の技術の講義「ナノテク高機能ファイバー特論」を実施している。また、「実習・匠の技術」も開講を予定している。

従来、大学での繊維開発研究は数グラムオーダーが主で、実際事業化に結びつけることが不可能なレベルで行われてきた。本拠点ではグラムオーダーから数十キロレベルまでの試作が可能なパイロット設備を整備し基盤研究の成果やインスティテュートの開発研究を支援できる施設の設置を計画している。そのための設備を整備している。図6に示すように、既に1~100Kgの試作ができる溶融複合紡糸機が導入された。また、多目的湿式紡糸機やナノファイバー不織布用電界紡糸機がすでに設置されている。

図6 パイロット設備の一例先進ファイバー紡糸棟と溶融複合紡糸機

共通基盤研究組織ではイノベーションを創出するインスティテュートでの共通のブレークスルー技術課題に取り組むナノサイズ繊維、ナノレベル表面・内部構造制御、ナノレベル欠陥制御、バイオミメティックスの4つの部門を置いて大学主導で各部門が連携して活動している。インスティテュートにはハイブリッドナノファイバー、スマートファイバー／テキスタイル、高機能メディカルデバイス、

エレクトロニクスファイバー、省資源・バイオマス、評価・調査・規格化の7つの分野を置いて企業主導で大学と協働で活動している。

事業化・企業化を視野に入れた開発が迅速にできるよう数キログラムから数十キログラムを製造できるパイロット機能を備えた共同利用設備を信州大学内に整備する。

4. 研究開発の特徴と主な成果

4.1 産学連携研究開発の進め方

繊維関連産業分野の材料・部材をイノベーションに結び付けるには幅広い企業との多面的協力関係の構築が必要となる。そこで本プロジェクトで開発された材料・部材を最終製品に展開する川下企業との連携を強化し、研究開発の初期段階から川下企業のニーズやシーズを取り込んだ研究テーマを設定し推進するようにしている。図7に示すように現在拠点の協働企業12社は川上・川中企業が多いが、

図7 コンソーシアム型垂直連携モデル

順次川下企業を協働、協力企業に加え川上から川下までの企業群と大学によるコンソーシアム型垂直連携体制を形成しコンカレントなイノベーション創出システムを構築して研究開発を進めている。この体制の中で、内外の研究機関との連携も推進している。産業技術総合研究所、東京理科大学、海洋研究開発機構、大阪大学、京都工芸繊維大学、デンケンドルフ繊維研究所、香港理工大学などと連携を進めている。また、各地繊維産地との連携による“匠技術”の集積も図っている。

我が国で長年蓄積された繊維の匠技術を基盤として開発される高性能・高機能・高感性繊維のポテンシャルを最大限に生かしイノベーションを創出するには素材からモジュール、デバイス（二次製品）、システム（三次製品）に重点を移し伝統的なサプライチェーンにこだわることなく図8に示すように素材から末端製品まで多様な企業群の垂直連携の実現を目指している。

4.2 共通基盤研究グループにおける研究と主な成果

イノベーションを創出するインスティテュートでの共通的ブレークスルー技術課題に取り組む四つの共通基盤研究

図8 素材からデバイス、システムまでの開発モデルの例

グループでは次の具体的テーマの解決に向けた活動をしている。

(1) ナノサイズ繊維

革新レーザー延伸法、ハイブリッドエレクトロスピンング法、自在なサイズのナノ繊維の制御法、ナノレベルの長短繊維の製造法、ナノ繊維織編み技術、ナノ複合化技術、微生物産生ナノサイズ繊維の創出技術などに取り組んでいる。ここでは、溶剤フリーのレーザーエレクトロスピンング法を開発した。低コストで物性の変動が少なく環境負荷の少ないナノファイバーの生産技術につながる画期的方法である。

(2) ナノレベル表面・内部構造制御

超発泡、多孔機能、超吸着・高性能触媒機能、生体適合性を発現する表面構造制御法などに取り組んでいる。ここでは、ファイバー表面に導電層を形成するナノコーティング法を開発した。また、グラフェンを超える金属伝導を示す新規ナノシートを開発した。

(3) ナノレベル欠陥制御

高分子の高結晶化制御、超精密重合法、超高分子量高分子の紡糸技術の確立などに取り組んでいる。ここでは、引張り強度8GPaの高強度ポリエチレン繊維を開発した。また、天然高分子の欠陥制御法としてハイブリッドシルクナノファイバーも開発した。

(4) バイオミメティックス

生体の分子変換・エネルギー変換・発色・発光など機能のナノ構造レベルでのミメティックス、生体を模倣した自己組織化技術などなどに取り組んでいる。ここでは、神経ネットワークモデルとして、一次元電荷移動錯体を含む導電性自己組織化ナノファイバーを開発した。また、新規高分子を産生する深海微生物を見出した。

4.3 インスティテュートにおける研究開発と主な成果

企業が中心になって大学との協働で研究開発を推進する研究を事業につなぐバトンゾーンとしてのインスティテュートではすでにいくつかの興味深い成果が得られている。

(1) ハイブリッド・ナノファイバーインスティテュート

エレクトロスピンングによるハイブリッドナノファイバーの開発に成功し、大量生産の設備開発を行った。この

ナノファイバー技術を用い耐水圧の極めて高い透湿防水衣服を平松産業と協働開発した。また、テクノスと協働開発したクリーンルーム用ナノワイパーは0.1~0.6 μm の微細なホコリを30分の1まで除去できる性能が得られた。

(2) スマートテキスタイルインスティテュート

ここでは、導電性繊維による車両テキスタイルセンの開発を行っている。クラレの湿式紡糸技術により10 μm 以下の有機導電性繊維の開発に成功しこれを用いて住江織物と協働でセンサ機能を有する織物を製作した。将来快適性を制御する次世代車両シートへ展開する。

(3) 高機能メディカルインスティテュート

従来から信州大学のシーズである人工生体酸化酵素である金属フタロシアニン系錯体で加工した消臭、抗菌・抗ウイルス、抗アレルギーなどの高機能繊維を中心にダイワボウノイと協働でメディカル・アンチエイジング・スマートケア製品や環境浄化システムを開発しイノベーション創出を目指している。既に、アレルギーを吸着・不活性化するアレルギーキャッチャー製品を開発し事業化・国内販売しさらに世界展開を行いつつある。また、抗ウィルスマスク・水虫靴下を開発し好評販売されている。

(4) 高強度・軽量ファイバーインスティテュート

住江織物との協働でポリエチレン、ポリプロピレンのナノコンポジットを用い安全・軽量でリサイクルが可能な床材などを開発し、この技術は従来の塩ビ系素材に代わる交通内装資材へ期待されている。

(5) ナノエレクトロニクスファイバーインスティテュート

酸化チタン、酸化ジルコニウムなどの酸化物を触媒ゾルーゲル法によりナノファイバー化に成功し実用強度を持つ全無機高分子系繊維からなる不織布を日本バイリーンと協働開発した。ウェアラブル太陽電池などへの応用が期待されている。

5. 試作製造機能の整備とファイバー・イノベーション・インキュベーション機能

拠点では基盤研究の成果をインスティテュートでの開発研究につなげるために数グラムオーダーから数十キロレベルまで試作できるファイバー素材・部材のパイロット設備を整備している。

この施設・設備整備は信州大学の先進繊維開発の拠点構想のもとでファイバー・イノベーション・インキュベータ(FII)機構として経済産業省の地域企業立地促進政策により実現に向けて動き出した。本計画は繊維学会が繊維教育欧米調査団を結成派遣して依頼20年来懸案となっていた

図9 ファイバー・イノベーション・インキュベーター(FII)機構の目指すもの

先端繊維教育研究センターが現実となるものである。FII機構は図9に示すように高分子合成から製糸・製品プロトタイプまでの一貫したサンプルレベルの試作機能、研修・講習等人材育成機能、繊維開発課題のワンストップ・ソリューション機能、素材・製品の性能・機能・感性評価と標準化機能、マーケティング等の情報発信ハブ機能を備える予定である。

5. おわりに

欧米やアジアにおける繊維関連分野の先進的研究開発拠点でもナノテクノロジーと繊維技術との融合分野からのイノベーションが強く意識されている。しかし、本拠点のように機能性材料の設計技術および我が国が世界的に優位にある繊維・高分子の「匠技術」三者を融合した技術開発は非常に特色あるものである。そこに創出される新技術・新産業は持続可能社会の実現に欠かせない多くのイノベーションを生み出すことが期待される。また、いままでの大学教員一人と企業との1対1の小さな産学連携から多数の企業と複数の教員が垂直連携型コンソーシアムを組み協働開発する新しい本格的産学連携の試みでもある。

6. 参考文献

- 1) 白井汪芳、山浦和男編；ファイバー工学、丸善(2005)
- 2) 大口正勝、ケミカルエンジニアリング、52,843(2007)
- 3) 内閣府；www.mext.go.jp/b_menu/houdou/17/12/05/22702/017
- 4) 白井汪芳、大口正勝；Web. J., 2008(94), p.7~11
- 5) 米長 燦、加工技術、44(7)、462(2009)