世界の高性能・高機能繊維の研究開発動向

Trend of R&D for High Performances Fiber and High Function Fiber

大松沢 明 宏

1. はじめに

近年、中国をはじめとする新興国の存在感が急速に増大する中、日本の化繊産業はコモディティ分野での価格競争を避け、高機能・高付加価値化に活路を求めてきた。高性能繊維をベースにした高強度部材や複合材料、ナノテクノロジーやバイオテクノロジーなどの先端技術を駆使した高機能繊維製品、環境関連製品、感性豊かなファッション素材などにおいて日本は世界トップレベルの技術力を有している。

グローバル化の進展で、国際競争は今後益々激しさを増すことが予想されるが、世界をリードする技術力によって、革新的な製品を提供し続けることこそが日本の化繊産業を未来志向の成長産業として、永続的に発展させる道であると認識している。

日本化学繊維協会・技術委員会は、2009年度に「世界の高性能・高機能繊維の研究開発調査」を実施した。日本と並んで高い技術力を有する欧米、ここ数年で急速に技術レベルを上げてきている中国における高性能・高機能繊維の研究開発状況を文献や国際会議などの資料をもとに情報収集し、主要な研究機関の最近の研究テーマや成果などを調べた。さらに、欧米及び中国の技術レベルについての検討を行い、日本の高性能・高機能繊維の新規市場開拓に向けた課題、今後の方向性について検討した。本稿は同調査結果を解説するものである。

2. 欧米及び中国の繊維研究機関の研究開発の特徴

2.1 欧州

欧州には、繊維系を特色とする大学や研究機関(主に公設)が多数存在し、圏内の繊維研究開発を支えている。代表的な大学・研究機関は、フラウンホーファー研究所、デンケンドルフ研究所、ドレスデン工科大学、アーヘンテキスタイル研究所、ザクセン州繊維研究所、チューリッゲン・

フォクトランド繊維研究所、チューリッゲン繊維・プラスチック研究所、ホーエンシュタイン研究所(以上ドイツ)、センテックスベル研究所、ゲント大学(以上ベルギー)、LEITAT 技術センター(スペイン)、EMPA 研究所(スイス)、イスタンブール工科大学(トルコ)、タンペレ工科大学(フィンランド)、ウーチ工科大学(ポーランド)などである。繊維系の大学・研究機関は特にドイツに多く見られる。これらの機関は特化した専門分野において、高い技術力、コーディネート力、優れた設備(実験設備、パイロット設備、評価機器等)を有し、各種共同研究の中心的機関として機能している。

欧州では技術力を重視して研究開発投資を強化しており、繊維関係でも規模の大きい研究開発支援がなされている。欧州繊維産業は2007年～2009年の3年間で10億ユーロ(約1,200億円(年間約400億円))(第7次研究開発枠組み計画)を中心とするEU支援を主な財源として、その他、加盟国・地域の支援、企業からの資金拠出)規模の繊維研究開発を推進している。研究プロジェクトにおける政府支援は通常50～75%であるから、年間200～300億円の支援を受けたことになる。

表1 欧州の繊維研究開発の特徴

①大学、研究所	・高い技術力と優れた設備を有する繊維系大学、繊維系研究機関が多数存在する。特にドイツに多い。
②繊維系技術者	・公設研究機関は大学の附属研究所の位置付けで、所長が大学の教授を兼ねているケースが多いことなど、繊維・高分子系学生の講義や実習など人材育成の仕組みが整っている。 ・欧州圏内に貢献する人材育成を最優先しており、アジアからの留学生・研究者の受入れは少ない。
③研究の特徴	・テクニカルテキスタイルの開発を加工技術(テキスタイル以降の高次加工技術、プロセス開発等)に軸足を置いて進めている。 ・繊維系研究機関が中心となって、川中中小企業の技術開発に係る産官学連携プロジェクト(1テーマ当たり数千万円～数十億円の大規模プロジェクト)を数多く推進している。
④その他(研究予算等)	・EUレベル、各国・地域レベルの重層的で規模の大きな研究支援がある。

2.2 米国

繊維系学科を特色とする大学は、NTC(National Textile Center/米国の繊維系大学の共同研究体)の加盟8大学

AKIHIRO OMATSUZAWA
日本化学繊維協会 技術グループ
主任部員
〒103-0023 東京都中央区日本橋本町
3-1-11
Tel: 03-3241-2312 Fax: 03-3246-0823
E-mail: oomatsuzawa@jcfa.gr.jp
〈専門〉化繊の技術全般、及び環境関連問題を担当

(ノースカロライナ州立大学、オーバーン大学、クレムソン大学、ジョージア工科大学、マサチューセッツ・ダートマス大学、フィラデルフィア大学、コーネル大学、カリフォルニア大学デービス校)が主であり、材料系研究ではアクロン大学やテネシー大学が知られている。この他、スタンフォード大学、ライス大学、プリンストン大学、マサチューセッツ工科大学、ハーバード大学などで、有機系材料やカーボンナノ材料など繊維に関連した先端研究が行われている。米国では欧州のような繊維分野に特化した公設研究機関は目立たないが、企業団体によって構成される Textile & Clothing Technology Corp. (通称：TC スクエア)や、半官半民組織である Textile Research Institute(TRI)では引き続き繊維研究が活発であり、さらに National Science Foundation(NSF)が1991年に設立した州の産学共同開発センター5拠点の内の一つである Nonwovens Cooperative Research Center(NCRC)では、世界の大手不織布メーカーに加えて素材メーカー、装置メーカーが参画して最先端の不織布研究が進められている。

この他、軍事用途への展開を意図した高機能繊維(ナノファイバー等)研究は U.S. Army Soldier Systems Center (米国陸軍兵士システムセンター)などで、バイオマス材料・繊維研究は農務省の関連研究機関などで進められている。米国には、軍事関連の機能素材や先端有機材料の関係で各種の研究プログラムが存在し、資金が獲得しやすくなっている。

表2 米国の繊維研究開発の特徴

①大学、研究所	<ul style="list-style-type: none"> ・繊維系大学は NTC 加盟8大学が中心。NTC 取組みの中で、企業のニーズが高いテーマを取り上げて研究している。 ・材料系研究(先端材料)を行う大学は多数存在。 ・欧州のような繊維に特化した公設研究機関は目立たないが、企業団体による TC スクエア、半官半民組織の TRI、不織布産学共同開発拠点である NCRC では、最先端の繊維研究を行っている。
②繊維系技術者	<ul style="list-style-type: none"> ・繊維系大学の人材は豊富で、素材～テキスタイル～機能加工～システム開発まで幅広い研究テーマが取り上げられている。 ・大学の研究者はアジアからの留学生が多い。
③研究の特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・NTC の研究テーマは高機能繊維関係が中心(テーマ自体は日本や欧州とほぼ同じ)で、加盟8大学の単独研究、又は他大学との連携によって進められている。プロジェクトの規模は欧州と比べて小さい(1テーマ当たり数千万円程度)。 ・軍事関係の機能素材研究が大きな規模で実施されており、これが米国の先端繊維技術を牽引している。
④その他(研究予算等)	<ul style="list-style-type: none"> ・米国には、軍事関連の機能素材や先端有機材料の関係で各種の研究プログラムが存在し、資金が獲得しやすくなっている。

2.3 中国

繊維系学科を特色とする大学は、東華大学、青島大学、天津工業大学など、把握できているものだけで15校存在する。また、主な繊維系研究機関は7ヵ所(中国紡織科学

研究院、江蘇省紡織研究所有限公司、上海市紡織科学研究院、上海市合成繊維研究所、江蘇省差別化繊維工程技術研究センター、山東省紡織化学繊維研究所、大連合成繊維研究所股份有限公司)あり、中国繊維産業の研究開発を支えている。

中国では、各種政策による繊維産業への支援措置(政府の第11次5ヵ年計画(2006～2010年)、投資優遇策など)がある。第11次5ヵ年計画における中国政府の繊維産業への技術開発投資額は144億元(約2,200億円)で、計83件のプロジェクトが推進された。

繊維人気により、大学では数多くの研究者が広範囲な繊維研究を行っている。2009年9月に日本で開催されたアジア繊維会議(ATC-10)でも中国から多くの研究発表があった。一般に入手可能な情報からは、日本がこれまで行ってきた領域を出ておらず、キャッチアップテーマが大半であるように見受けられるが、多くの優秀な研究者が中国国内のみならず海外の先端繊維研究に関わる中で技術は確実に蓄積されており、中国全体としての技術レベル向上に繋がっていると考えられる。

中国は、生産基地・消費基地としてのみならず、技術開発においても世界の中心となることを目指しており、現在、杭州市で中国国際化繊維工業総部及び研究開発センターの建設を進めている。研究開発センター、製品試験センター、ビジネスセンター、国際会議場・展示場など計17施設の設置を計画している。

表3 中国の繊維研究開発の特徴

①大学、研究所	<ul style="list-style-type: none"> ・多くの繊維系大学、繊維系研究機関が存在し、繊維産業の研究開発を支えている。
②繊維系技術者	<ul style="list-style-type: none"> ・繊維人気により、優秀で豊富な人材が集まっている。 ・このような人材が国内のみならず、米国をはじめとする世界の繊維系大学・研究機関に数多く留学し、数年間学んだ後に先端の高分子化学や繊維工学を自国に持ち帰るなど、中国の技術レベル向上に繋がっている。
③研究の特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・日欧米技術レベルの早期キャッチアップを目指して、官民の膨大な投資のもと高性能・高機能繊維の素材研究、加工研究が総合的に進められている。 ・中国の大学・研究機関ではラボスケールのみならず、工業スケールに近い実用化研究が行われていることが特徴的である。
④その他(研究予算等)	<ul style="list-style-type: none"> ・中国では繊維産業の重要性、高機能繊維の研究開発においては軍事用途という側面もあり、日本とは桁違いの膨大な研究開発投資がされている。第11次5ヵ年計画における中国政府の繊維産業への技術開発投資額は144億元(約2,200億円)で、計83件のプロジェクトが実施された。

3. 高性能・高機能繊維の素材技術レベルの比較

高性能繊維(アラミド繊維や炭素繊維など、素材のシーズに応じた高弾性率、高強度、耐熱性、耐炎性などの特性を有する繊維)や高機能繊維(各種用途のニーズに応じてポリエステルなどの汎用繊維に特殊な機能を付与した繊維)の素材技術において、現在、日本は世界をリードしている。

特に、日本が優位にあるのは、高性能繊維の物性制御(物性の更なる向上)、生産体制(量産体制が整っている)、品質レベルである。高機能繊維に関しては、新しい繊維素材の開発力、品質レベルで優位にあると考えられる。

高性能繊維の素材技術が日本に次いで高いのは、欧州と米国、これに次いで韓国、中国が続く。ここ数年で、韓国(アラミド繊維)と中国(アラミド繊維、炭素繊維等)が急ピッチで技術レベルを上げてきており、日欧米との技術差は徐々に縮まっている。

高機能繊維の素材技術は、日本に次いで欧州と米国が高く、これに韓国、台湾、中国が続く。嘗て高い素材技術力を有し、新素材を輩出してきた欧米は、現在も韓台中と比べて優位にあることに変わりはないが、1990年代の事業再構築(撤退・事業分割・売却)以降、素材研究への新たな勢いを失っており、不織布やナノファイバーなど特定分野以外ではその差が大きく縮まっている。韓台中の3国は、機能化による高付加価値品開発の方向性を国又は業界レベルで鮮明に打ち出しており、現時点で技術開発テーマの新規性はそれほど高くはないものの日本との技術差は徐々に縮まっている。

〈日本〉

- ・高性能・高機能化による差別化が国際競争の源泉と考え、精力的に資源を投入してきた結果、高い素材技術力を有するに至った。しかし一方で、近年の繊維市場全体の疲弊により、投資が減退、次の素材提案に向けた研究活動が急激に縮退している。これを打破すべく、最終製品開発の加速と投入資源の早期回収を目指し、新たなビジネスモデルを模索している。

〈欧州〉

- ・欧州の化繊メーカーの研究開発は、レーヨンやリヨセル等のセルロース系繊維や、ポリエステルやナイロンの産業用など、得意分野に特化した素材に限定されており、1990年代の事業再構築以降、企業による上記以外の素材研究は下火になっている。欧州が目指す非石油系素材の開発や、テクニカルテキスタイルに使用する特殊高機能繊維等の研究開発は、繊維系研究機関での開発が中心になっている。

〈米国〉

- ・欧州と同様に1990年以降、企業レベルの高性能・高機能繊維の新規素材開発は下火傾向にある。一方、企業団体によって構成されるTextile & Clothing Technology Corp. (TCスクエア)や、半官半民組織であるTextile Research Institute (TRI)などの繊維研究機関、不織布の産学連携拠点であるNCRCでは精力的な取組みが継続されている。高機能繊維の研究開発はNTC加盟8大学による取組みが中心。大学等研究機関では、研究資金を獲得しやすい軍事関連の機能素材研究や先端材料研究が旺盛である。

〈中国〉

- ・高性能・高機能繊維の素材開発は、国家プロジェクトとして推進中。素材開発の基本技術は既に蓄積されていると考えられる。現時点では、日欧米のキャッチアップテーマが中心で、革新的繊維素材の開発事例は見られないが、①世界の生産・消費基地としての発展経緯、②繊維研究の規模及び国策としての注力の度合い(研究所・研究者の数、官民の投資規模)等から考えて、近い将来、中国が急速に技術レベルを上げ、存在感を増してくることは必至である。

4. 高性能・高機能繊維の加工技術レベルの比較

高性能繊維の加工技術レベルは、欧米が日本を抑えて世界トップにあり、高機能繊維の加工技術では、日欧米が同レベルでトップを走り、これに韓台中が続く。

高性能繊維の加工技術で日本が優位にあるのは、ユーザー企業と共同開発を進めている一部分野の技術力、素材から一貫した2次・3次製品開発が可能であることなどである。一方、高機能繊維では、国内産地の高い織染技術力による、高機能・高品位テキスタイルの開発力、品質レベルなどが上げられる。

〈日本〉

- ・高性能繊維の関係では、①日本には航空宇宙や軍事関係等の高性能繊維の主要ユーザー産業が存在しない(又は規模が小さい)こと、②欧米のような産官学及び異業種連携によるコンソーシアム型開発の基盤が構築できていないこと、③高度で多様な繊維系研究機関が少ないこと、④政府による技術開発支援が小さいこと等から、2次製品以降の国内での技術開発が進まず、欧米の後塵を拝している分野が多い。
- ・高機能繊維の加工技術では、長年のテキスタイル開発で蓄積された高い織染技術力に支えられ、現在も欧米と並んで優位性を維持しているが、産地の疲弊や加工設備の老朽化が著しいことなど、懸念材料も多い。高スペック品・高品位品の生産や新規加工技術開発は当面は日欧米が中心であろうが、加工技術は素材技術よりも参入ハードルが低いことから、中国の急速な追い上げが予想される。

〈欧州〉

- ・地域産業の活性化を目指して、川中中小企業を政策的に纏め上げた産官学連携技術開発の仕組み作りを模索してきた。航空機、自動車、軍事関係等の域内先端産業への部材供給を見込んで、日本をはじめとする世界の高性能・高機能繊維を加工して、高付加価値な2次・3次製品とするビジネスを追求してきた。優れた設備と高度な技術力を備えた繊維系研究機関や大学が多く存在し、これら機関が技術開発の中心となりプロジェクト参加企業・機関を束ね、成果を生み出し続けている。ドイツやフランスをはじめ、加工技術開発は欧州が最も盛んであり、次世代加工技術は欧州から発信される可能性が高いと考え

られる。

〈米国〉

- ・航空宇宙や軍事関係の開発を中心に共同開発プロジェクト(原糸～加工～製品評価)を推進し、この過程で高性能・高機能繊維の先端加工技術を蓄積してきた。高次製品の開発、作り込みにおいて高いポテンシャルを備えている。日本にとっては技術開発のパートナーとして重要な存在であり、エンドユーザーとしての存在感も大きい。

〈中国〉

- ・高性能繊維の開発で、現在中国が最も力を注いでいるのは、アラミド繊維や炭素繊維などの素材開発であるが、戦闘機等の軍事開発の現状や、2016年デビューに向けて進行中の国産大型ジェット機計画(目標:2015年までにCFRPの使用比率を22%にする)等から見て、素材開発と平行して加工技術開発も急ピッチで進められていると考えられる。
- ・高機能繊維の加工技術では、世界の生産基地として既に一定レベルに到達している。今後、開発拠点の集約が進めば、中国の技術レベルは更に高まると考えられる。①大学等研究機関の加工技術研究への関心の高さ、②研究体制や規模(官民による投資額の大きさ等)、③最新鋭加工設備の保有等を考えれば、ここ数年の間に中国が加工技術レベルを上げてくることは必至である。

表4 日欧米中技術レベルの比較

		日本	欧州	米国	中国
素材技術力	高性能繊維	◎ (◎)	○ (○)	○ (○)	△ (○)
	高機能繊維	◎ (◎)	○ (○)	○ (○)	△ (○)
加工技術力	高性能繊維	○ (◎)	◎ (◎)	◎ (◎)	×～△ (○)
	高機能繊維	◎ (◎)	◎ (◎)	○～◎ (○～◎)	○ (◎)

※日本、欧州、米国、中国の技術レベルを4段階(◎、○、△、×)で評価。下段()は5年後の予想。

5. 高性能・高機能繊維の新規市場開拓の課題

- ・高性能・高機能繊維の用途開発は、各社が個別にユーザー企業にコンタクトしたり、ユーザーからの要望に対応して進めているところであるが、従来のやり方では効率化の面で限界が指摘されている。テクニカルテキストの開発は、①用途分野が多岐にわたり、各々の技術的背景が異なること、②ニッチ市場が焦点となるケースが多く、個別企業が主導する形で研究開発のすべてをカバーすることが難しいこと、③異業種との取組みが重要であること等から、欧米型のコンソーシアム型開発方式が有利となる。効率的・効果的に機能する異業種連携の仕組みが求められている。
- ・高性能・高機能繊維の主要な用途は先端産業に関連するものが多く、素材メーカーの立場からも先端産業(航空宇宙、高速鉄道、海洋開発、環境・エネルギー等)の育

成・成長は極めて重要である。国による先端産業育成プロジェクトの中で日本の高性能・高機能繊維のメリットを最大限に活かした2次・3次製品を開発し、新市場を開拓できるような仕組みも必要である。

- ・日本における高性能・高機能繊維製品の開発は、これまでファイバー開発に重点がおかれ、開発したファイバーを使って2次・3次製品を作る方式であったが、今後はコンソーシアム型開発の中で出口を意識した包括的機能又は性能デザインを追及していく必要がある。このような開発ではソリューション提案力(川下製品の使用環境における機能の提案等)が欠かせず、能力強化していく必要がある。また、具体的なイメージを固めるための産学検討の場が必要である。
- ・ユーザー企業との情報共有が不十分であるとの課題もある。高性能・高機能繊維やこれに係るシーズ技術情報をユーザー業界に向けて継続的に発信していく仕組みが求められている。

6. 今後の方向性

6.1 目指すべき方向性

日本が素材開発で優位にある高性能・高機能繊維の新規市場を如何にして開拓するかが直面する課題である。従来型のクローズド・イノベーションでは、ユーザーニーズの把握や技術開発、製品の市場化を進める上で限界があるため、目指すべき新たな市場に対して、従来の枠を超えて連携していくことが重要であり、そのための仕組みづくりを急ぐ必要がある。

目指すべき市場は、高性能・高機能繊維の優れた特性を活かせ、国際競争力を持ち、成長が見込める分野であり、具体的には、2009年末に策定された新成長戦略に挙げられる「環境・エネルギー分野」「健康・医療分野」及び「安全・安心に係る分野」や、国家レベルで大きな出口となる分野が考えられる。

6.2 今後の具体的な取組み

高性能・高機能繊維の市場創出の契機となるような仕組みの構築を目指して、引き続き、①異業種連携研究開発の海外事例調査、②日本での異業種連携の進め方・体制等のあり方、③ユーザー業界に向けた情報発信の具体的手法などについて、調査・検討を行うこととしている。

文 献

- 1) 「世界の高性能・高機能繊維の研究開発調査」(2010年6月)、日本化学繊維協会・技術委員会・調査WG
- 2) 「今後の繊維・ファッション産業のあり方に関する研究会報告書」(2010年4月)、経済産業省製造産業局繊維課