展 望

新しい産業資材用繊維の応用

安 塚 勝 三

1. はじめに

繊維は細く長いことに特徴があり、そのために曲げ・ねじりが容易で、引張りに減法強い、と言った異方性を有する。繊維の応用は、この特性を利用して糸等の線状ものに、或いは撚を加えてその性状に変化をつけ、さらには織・編物等の面状ものへと付加価値転換することを基本にしている。あとは最終利用目的に応じて適宜高次加工を行ない、衣用及び産業用に適用される。

その歴史的推移をみると、文化や風土等の社会背景のもとで、需要と技術が相互に関連しながら新しい応用を創出し、繊維産業の基盤がつくられてきた。例えば、文芸復興期には、織物の基本技術がすでにでき上り、衣装の繊細・審美さが芸術的価値を持つまで高められ、また装飾織物の技術深化も進み、いわゆる工芸美の世界を創った。しかし、その応用の工業・産業価値としては小さく、極く限られた貴族文化の範疇であったと思われる。

繊維の応用がはじめて産業的価値を持つようになったのは、第1次産業革命の綿織物である。この期に衣需要のマス化が世界中に興り、その関連で世界貿易を促しロープや帆布等の産業関連の応用への先がけになった。以降この綿の応用は、繊維産業の基幹を成し、現状全世界繊維需要(生産量) 3500 万 Tn/Y の半分を占めている。

その後第2次エネルギー革命を期して、高分子化学技術の進展があり、鉄よりも強い繊維が創られたことで、繊維産業の価値観に変化が生じた。すなわち、分子設計をてこに新しい繊維を創り出す技術基盤が整い、産業形態の化学装置化が進み、多様な繊維が経済規模で大量に生産されるようになった。そのために繊維の応用が拡大され、繊維の素材革新が興った。

新しい合成繊維が創られ、その強さや耐久性が抜群にすぐれていることや熱可塑性(加工特性)が応用に生かさ

れ、製品のイージケア性と社会的ニーズにマッチして繊維の素材産業を興すことができた。一方各種産業が興るにつれて、耐久性重視の繊維応用が拡大されるようになり、強くて丈夫で加工性にも富む合成繊維が特に注目されるに至った。

その後も合成繊維の一層の高性能化を求めて、研究開発が盛んに行われ、その応用は先端分野に注がれている。そのねらいは、軽く・薄く・小さいものであるが、他に社会資本充実にめざす大型国家事業や国際的・宇宙的規模での超大型開発が相次いで企画され、そのための新しい繊維開発と応用開発が盛んである。

繊維の応用には、以上述べたように最も身近な衣にはじまり、今や宇宙のはてにも及ぶ無限の可能を秘めている。本稿は、そのうちでも主として産業資材に視点をおいて繊維の応用を考えてみる。

2. 繊維の応用概念

図1は繊維の応用についてマップに概念化したものである。繊維の応用は基本的には矢印のように、①糸、②面積もの、③高次構造もの、へと逐次付加価値転換して行くことである。その付加価値度は、応用生産物の生産並びに取引単位が、例えば① kg, Den, 番手, m から② m², (目付) g/m² へ、さらに③個数, (目付) g/m³ の如く替って行くことで表わされる。

(注) ①糸、ひも、ロープ等の線状もの(繊維の撚り合せ技術; 紡績及び撚糸技術により多様化無限)。②織・編物・網・不織布等の面積もの(繊維や糸を規則的また不規則的に、交叉またはからみ合せて面積化; 布帛技術の多様化無限。衣及び産業用に応じ染色または表面処理付加)。③母材(マトリックス)の繊維高次構造複合材。

以上の基本応用が幹で、あとは実際の具体的利用の違いに技術深化の特徴が現われる。例えば、衣用であれば、美的・生理的・心理的等の面で多様に付加価値を付けるような技術深化(繊維の機能化、織編技法、色柄デザイン等の工芸技術)が重要であり、産業用であれば、強さ耐久性等のパフォーマンス技術の深化(繊維の高性能化、

General Review for Industrial Fiber's
Applications

KATSUMI YASUZUKA
UNITIKA LTD

ユニチカ(株)中央研究所 主管

図1 新しい産業資材用繊維の応用

繊維/マトリックスの接着技術, 高次構造設計, 耐久信頼性の技術)が特に重視される。

いずれにしても, 繊維の応用には, 各技術要素を組合せることで数10億にも及ぶバリエーションの自由度があり, 新しい応用に行き詰ることがない。しかし, 重要なことは, いかに高付加価値の応用であっても, コストが高ければ産業としての需要を興すことができず, 研究的興味に終始してしまう。そこで産業用の応用を模索する上で, 戦略的な重要性を持つのがコストとパフォーマンスの設計と言うことになる。

その点で不織布, 繊維強化複合材などは, 今後特に産業用の応用にとって注目に値する。不織布は繊維相互のからみ力またはバインダ結合により面積化することで得られるのであるが, 極端な省略技術であるためにコスト/パフォーマンスのバランスが取れていて, 産業資材用として汎用性が抜群である。その製法の詳細は割愛するが, 湿式法, 乾式法, スパンボンド法等多様なものが工業化されていることから, その重要性を認知できる。

繊維強化複合材は, ゴム, プラスチック樹脂, 金属, コンクリート等の母材(マトリックス)に繊維やその布帛を混ぜ込むことで高次構造を形成させ, 母材の高性能化(例えば軽く, 強く, 耐熱, 耐薬品で, 耐久性もある)をねらったものである。その概要について改めて述べる

れども, 種類の豊富さや今後の発展性に期待が持てる。すでにゴム/繊維の複合材は, 自動車タイヤ, コンベアベルト, 駆動ベルト等産業用応用の筆頭位置を占め, プラスチック樹脂又は軽量無機マトリックス/繊維の複合材は, 化学タンク, 大型容器, 自動車や機器部品, 建材, 電子部品, ポート, ロケットや航空機材等汎用ものから先端領域まであらゆる分野に拡大される勢である。

3. 繊維の応用と産業の関連

図2は繊維応用のフィールドモデル, 図3に用途マップを示した。繊維産業は1970年代にはじまる第1次産業革命を期して, 衣用中心の綿布需要が世界規模に拡大され, 紡績・織布技術の移転も行われた。この綿の応用は人類にとってかけがえのない衣の文化を促したわけだが, その後希少価値をほこる絹に似た繊維(レーヨン)がパリ博覧会(1889年)に出展されたり, 新しい繊維が人類の知恵で設計できるようになり, 世界の関心が繊維に向けられた。その当時で, 繊維産業の世界規模は400万Tn/年を記録した。その後1930年代に入り合成繊維の創出が相次ぎ, 1940年頃には1000万Tn/年の世界市場に成長した。

この合成繊維が創出したことで, 繊維応用面での素材代替が急激に進み, 綿産業の安定成長(成熟期), かたや

図3 繊維用途マップ

注) 夏期セミナー講演では世界生産規模 3000 万 Tn/Y (1980)
と述べたが、本稿で 3500 万 Tn/Y (1984) に修正

的に貿易摩擦を起し、世界的規模では構造不況が問題になる。しかもこのような事態は、産業規模の拡大期に発生しやすい。そのために仮需要と見込生産が行われて、短期的に過大・過小生産のジグザグ状高度成長となる。成熟安定期ではその過不足の幅も小さく収れんし下降線をたどり、新しい成長サイクルに代替される。

このような次第で、個々の応用は例外なく寿命サイクルに支配されるので、企業戦略的には絶えず新しい応用を創造することで世代替を先行しなければならない。このことによって、産業全体の成長が約束される。実際問題としては、その応用の創造源をどこに求めるかの難し

さがあるが、国際的・地球的な広い視点で情勢を洞察し、新しい需要を予測し、その技術基盤を確立して行くことだ。

5. 綿の応用技術と産業の発展

図4および図5に関しさらに若干解説を加えてみる。衣の文化は人類の基盤であり、とりわけ絹、羊毛、綿を布帛に应用することで、人類はすばらしい発展をしてきた。しかし、少なくとも第1次産業革命までの前産業化時代は手工芸的範疇での応用であって、生産性が低く布帛は貴重高価なものであった。そのために、衣の豊かさ

図4 繊維産業のトレンド

図5 主要繊維(特性)と繊維市場規模の拡大

表1 繊維性能の多様化

熱可塑性・イージーケア性・弾性				強力・剛性(Y率) 耐熱・耐久性			
①	②	③	④	⑤	⑥	代用特性	
スパンデックス	ナイロン改良	ポリエステル	レーヨン	綿	麻	剛性(Y率)	
~100	~350	~700	1000~2000	7000~	20000~	kg・mm ⁻²	
ナイロン				ポリエステル		産資用	
ナイロン				ポリエステル		産資用	
ナイロン				ポリエステル		産資用	
ナイロン				ポリエステル		産資用	
ナイロン				ポリエステル		産資用	
ナイロン				ポリエステル		産資用	
ナイロン				ポリエステル		産資用	
ナイロン				ポリエステル		産資用	

こそ高貴階層のステータスでもあった。それに反し、庶民の衣生活は貧しく、需要を喚起することはなかったわけである。しかし、丈夫で実用価の高い綿布が安く生産できるようになって、需要の爆発が起きた。それは言うまでもなく第1次産業革命の木綿の応用技術に依るのであるが、その関連で近代化学産業をも創出する役割もはたした。

まず綿の応用で注目されるのは、紡績糸及び織物の機械生産、その生産性の飛躍的向上によるコストダウンである。しかし、そこにはもう一つの重要な技術の革新がある。それは綿布の晒技術(高付加価値化の効率化)である。

それまでの伝統では、綿布を木灰汁(アルカリ性付与)につけ、その後数ヶ月間日光に晒して、さらに乳酸菌の酸乳で数週間中和することが行われた。いわゆる日光晒が行われたので時間とコストが非常に高つくため、晒木綿は貴重品であった。この晒を短時間で簡単に済そうと考えた知識人(ローバック; 青年医師-硫酸の量産化-化学工業の創始)が現われ、硫酸を酸乳の替りに使って中和の短縮化に成功した。続いて、木灰に替る炭酸ソーダ(岩塩の塩化ナトリウムから炭酸ソーダ)を考えついて研究したが、実際には失敗破産してしまい、後のフランス人医師ルブランの成功(1784)まで間が空いた。ローバックの助手、ジェームスワット(蒸気機関で知られる)は化学特に木綿の晒に関心を持ち、ベルトレ(フランス)の論文で木灰に塩素を入れると

強い漂白作用が発揮されることを知って、フランスに渡って技術修得に努めた。その後スコットランドに戻り織物業者に普及させ、これまでの日光晒を不要にした。その後、テナント(スコットランド)が石灰乳(サラン粉)を発見したことで、木綿を液に浸けるだけですぐさま漂白できるようになった。このようにして約半世紀の間にコストが $\frac{1}{10}$ 以下になって、綿布需要が沸騰した。そのために、これまでの機械では織物生産が間に合わず、アークライトの自動紡績機、ジョン・ケイの飛梭、ジェームスワットの蒸気機関が威力を発揮した。また硫酸やサラン粉(化学薬品)の出現は近代化学産業の創出に継れた。ルブラン法により食塩から炭酸ソーダが安くつくられる

ようになる。実際にはフランス革命があり、イギリスに移転されソーダ工業が興る。その応用で木綿織物工業、ガラス工業、石けん工業(短期間で $\frac{1}{4}$ 以下のコストに下る)が発展した。かくして化学への価値観が高まり、その連鎖で石炭製鉄に使うコークスの副産物応用(ガス→灯用ガス(マードック)、コールタール生成→ベンゼン、アニリン、ナフタリン等芳香族化合物(ルンゲ)→染料の合成)が有機化学に発展し、医薬、火薬、人造絹糸(シャルドンネ)がつくられ、合成繊維の道が開かれる。その高分子発展にシュタウジンの巨大高分子の考えが深くかかわっている(1923年)。この考えを技術深化させる形で、1931年世界ではじめて塩化ビニールの合成繊維が創られ、以降世界は新しいポリマの開発競争に突入し、合成繊維とプラスチックの全盛期に入る。

(注) 以上綿の晒技術に関し、崎川範行著、新しい化学
(講談社)に詳しく述べられている。

このように高分子技術の深化は繊維の種類を多様化しただけでなく、分子設計に基づいて性能の特化が可能となり、その応用範囲は未曾有に拡大された。そのために、繊維需要は1900年時で爆発的成長をとげ、第1世代の綿、第2世代の合成繊維を経て、今や超高性能極限化に向けて第3世代へ引き継がれようとしている。

6. 繊維産業成長の基盤

以上述べたことでもわかるように、繊維産業の発展には需要因と技術要因が有機的に関連している。

まず需要因としては、生活水準(特に、物質的・文化的豊かさの度合)、GNP又はGDPの伸び、人口増加等であり、いずれも世界的にはプラス因として働いている。技術要因としては、生産技術や応用創造技術がいかによくなったものであるか、その国際競争力が問題である。その格差を埋めるのに、製品貿易と技術移転(先進工業国から新興工業国へ)が進む。加うるに、技術シーズに基づく新しい需要の創造がある。

考えてみると、かつては人口及びGNP等の需要因に、大量生産技術の革新化とがうまく結びついて確固たる産業成長基盤を築いてきた。しかし近年は、差別化、個別化、高付加価値化の傾向が年々激しく、将来に向けて成長基盤の見直しが必要だろう。

産業分野では先端技術開発に係る高性能パフォーマンスの追求が目玉で、高性能合成繊維とその応用開発が緊急の課題でもある。しかし、産業分野は応用分野が多岐で、生産単位を大きく集約できないと言う難しさをかかえている。

いずれにしても、このような繊維応用の流れを反映して、繊維素材の世代替りが進行しよう。現在は第1世代

の綿・羊毛・麻・絹等の天然繊維と第2世代のポリエステル・ナイロン等の合成繊維がシェアを2分しているが、今後第3世代のアラミド、炭素繊維、アモルファス繊維、その他無機系繊維等の高性能化繊維が新しい応用を担って行くことだろう。

7. 我国での産業用繊維の応用実態

我国の産業資材への応用は、現状で全生産量の $\frac{1}{3}$ 、80万Tn/年の規模で推移している。内訳はロープ状もの10%弱、面積もの40%強、複合強化もの30%強(20%強；タイヤコード、10%；その他)である。この1次応用を最終用途別のマトリックスでみると、タイヤコードを除き多品種少量のシェア構成の様子がよくわかる。このうち、先端技術分野の応用に係わる強化繊維などは統計実体が示されていないわけで、それだけに将来への期待が大きい。

8. 纖維性能とその応用

産業への繊維応用には、強さ及び耐久性ものと機能性ものがある。それぞれ繊維性能が直接に応用性能に効くので、応用が高度化するほど高性能繊維、高機能性繊維の必要性が増す。この観点でみると、天然繊維にはバイオ組織を備えた極めて精緻な高次構造が組込まれている。特に構造形成の成長過程で、光・水・空気を吸収・放出する生きた機能が培われる。この高次構造と機能性は天

表2 日本の産業用繊維用途分野
1983～1985年規模

表3 日本の産業資材用繊維応用の規模
1983～1985年(%)

然繊維だけの最大の差別化因で、合成繊維の及ばない領域である。このバイオ的機能性は、衣等の生理・親水性を重視する用途に不可欠である。しかしこの機能は常温環境での話であって、産業用ニーズ特に耐熱・超強度などパフォーマンス指向分野の応用では合成繊維に及ばない。

このように常温環境では天然繊維が生物組織の高次構造特性を発揮するが、産業用に限ると産業の拡大につれて温度範囲・強さ・耐薬品性等の特性拡大が必須であり、特別設計の新しい合成繊維の創造が待たれる。表5は主要繊維について性能推移を示した。

合成繊維は、以上のような高次構造には不適であるが、緻密均一構造としての強さ(耐久性)、熱可塑性または熱硬化性などの加工性にすぐれ、とりわけ産業用への応用に適している。しかも、合成繊維は分子設計が自由で、それぞれ性能に特化性があるので、応用目的に合せ素材設計できるのが特徴である。そのうちでも最も注目されるのが、先端複合材への応用である。それには、強度材として強さ及び耐熱性の極限化が指向されるわけで、最近ではその研究開発が活発化してきている。図6は有識専門家達のテクニカルアセスメントの一部であり、具体的な目標が示される。なお、表6、表7、表8は、代表織

表4 日本の産業用繊維応用のマトリックス

区分	用途	重 布				箱・包装	面 積 も の				線状もの・他		
		帆 布	ターポリン	厚 織	塩ビレザ 基 布		フェルト	不織布	網	細巾	ロープ	タイヤ・ ベルト	その他
		2	1	1	5								
	用途 %	0.7	0.3	0.5	4.7								
シート (面積もの)	船舶	0.1	—	0.02	—								
	車輜	0.2	0.01	0.3	0.9								
	建築	0.05	0.1	—	1.7								
	土木	0.01	0.01以下	0.01	—								
	野積	0.2	0.03	—	—								
	倉庫	0.03	0.01	—	—								
	スポーツ	0.02	0.01以下	0.1	—								
	大型テント	0.01	0.01以下	0.01	—								
	レジャ	0.01	0.01以下	0.05	—								
	軒出	—	0.07	0.05	—								
	コンテナ	0.01	0.07	—	—								
	家具				0.6	12	21	5	5	0.6	7	21	20
	鞆袋				0.6	—							
	履物				0.9	4.6							
	結束(線状もの)				0.9	—							
	安全ネット〔農畜産、交通、建築、鉱山、コンビナート〕				—				0.3	—			
	漁網				—				4.7	—			
	安全ベルト〔オイルフェンス、エアバッグ、パラシュート、救命衣 シートベルト(0.6)、スリング(0.04)、柱上帯(0.01)〕				—				0.6	—			
	ロープ				—				—	—	7		
	タイヤ(ゴム補強)				—				—	—	—	17.5	
	その他	1.3	0.3	0.2	0.5	6.1	21	5.4	—	—	—	3.5	20

表5 繊維の高性能・高次構造特性

		主 要 性 能 (繊 維 素 材)										製 品 特 性				
		繊度 (d)	Y 率 (g/d)	強 さ (g/d)	伸 び (%)	染 (色)	制 電 Ω・cm	比 重 g/cc	耐 熱 ℃	火 (耐炎) LOI	耐 光 20℃ 65 RH	耐 薬 品	抗 菌	高次性能(機能) 織編・染等		
汎 用 素 材	I 綿 II 羊毛 絹	綿	1.5	80	3	5	○	10 ⁶	1.54	150	△18	○	7	○	×	→ 快適性
		羊毛	3	20	2	35	○	10 ⁷	1.32	130	○25	○	16	○	×	→ バイオ的高次の織 維構造(生物組織 構造)による常温 特性
		絹	1.5	80	3	25	△	10 ⁷	1.35	235	○	×	9	△	×	審美性
	II レーヨン アセテート	レーヨン	2	80 (150)	3 (4)	25 (15)	◎	10	1.5	300	△20	○	14	○	△	
		アセテート	2	40	1.5	35	◎	10	1.32	260	△18	○	7	○	△	
		・ナイロン		30 (50)	5 (10)	35 (20)	○	10 ¹⁸	1.14	225	△20	○	45	◎	○	・ イージーケア性
	III ・PET ・アクリル ビニロン PP	・PET		100 (150)	5 (10)	35 (15)	○	10 ¹⁸	1.38	265	△21	◎	0.5	◎	○	・ 熱可塑性 ➡ 巻縮性(高次加工)
		・アクリル		60	4	30	◎	∞	1.15	240	△32	◎	2.0	◎	○	・ (強力) 耐久性
		ビニロン		80	4 (10)	30	△		1.28	230	△20	◎	1.8	◎	○	・ (革) 新技術 ➡ 新商品 生産技術(コスト削減)
	PP		40	5	30	×		0.91	170	△19	◎	0	◎	○	・ 安全性	
IV ポリウレタン ふっ素系 制電性糸 (Nylon, PET) 導電性糸	ポリウレタン			1	600	×		1.0	230	△	△	1.3	△	○	・ 国際競争力 ➡ Textile 技術 (高付加価値化)	
	ふっ素系		15	3	35	×		1.7	327	○	◎	0	◎	○		
	制電性糸 (Nylon, PET)					○	10 ¹¹									
	導電性糸					×	10 ⁶									
V	・アラミド	(μ) 10	480 (1000)	22 (28)	44 (28)	×		1.45	370	◎30					・ 高性能化	
	・CF	10	1500	16	1	×	10 ⁻⁸	1.75	3650	◎					・ 強力・剛性(Yモジュラス)	
	GF	10	1100	15	5	×	10 ²⁰	2.5	700	◎					・ 耐熱性(耐炎)	
	Steel	13	3	3.3	1.3	×	10 ⁻⁶	7.86	1490	◎						
	アルミナ PBI	20	1100	4	0.4	×	10 ⁴	3.77	2000	◎						
今 後 の 開 発 目 標			2000	44	タフネス 300				常 用 350	LOI 40

図 6 革新的機能繊維(第3世代)のTAによる開発課題

(1984) 日本産業技術振興協会

表 6 強度(タフネス・モジュラス)

	強度 (g/d)	YM (g/d)	伸 度 (%)
AF	28	1400	5
PE	23	430	8
HPE	48	2000	15
PET	10	150	7
N 66	10	50	15
CF	21	1600	1

し、3) 欧米先進国での研究開発が核心に入ってきたものを基準に、新素材、バイオテクノロジー、新機能素子の3分野をとり上げ、昭和56年度から産学共同の10年計画でスタートした。新素材アイテムにはファインセラミック、高効率高分子分離膜材料、導電性分子材料、高結晶性高分子材料、高性能結晶制御合金、複合材が取りあげられている。

9. 先端複合材

ゴムやプラスチック樹脂などの母材(マトリックス)に繊維を混ぜ込んで高次構造を形成させることで、軽く強じんで、引張(テンション)や曲げに強い高次構造材料をつくることことができる。図7は強化繊維とマトリックスの構成関連フロを示す。特徴的なことは、繊維構成や配向・配列など構造設計の自由度があり、目的に合せて高次構造材料を創ることができる。それには強化繊維とマトリックスとの親和接着力が要で、その適性を欠くと耐久性に影響する。そのために、繊維の表面に化学処理を行ない、マトリックスとの化学結合を促進強化させる。

ところで、複合材の考えは極めて古く、例えば4000年昔のエジプト文明、日干れんがの切わら補強、1000年昔の奈良時代、土壁の切わら補強に取り入れられている。或いは植物や動物等の組織体の構造部位に学ぶものである。このような高次構造の複合化によって、強じん性、弾性・張り、しなやかさ等、広範な特性まで自在に設計できる。そのために、汎用材から最先端材まで多様な応用に供することができる。

その工業的応用の典型は鉄筋コンクリート、自動車タイヤ、工業用ベルトなどであり、またプラスチックのガ

表 7 耐熱(℃)

CF	800
ガラス	270
テフロン	260
アクリル	140
PET	130
PP	100
綿	100
毛	90
PBI	260

表 8 難燃(LOI)

有機	18~21
改アクリル	26~30
改PET	26~29
ポリクラー	32~33
アラミド	28~30
PBI	38~40
綿	21
レーヨン	23
羊毛	28

維について強度、耐熱性能を示す。

複合材料は、昭和56年度からスタートした次世代産業基盤技術研究開発制度のテーマにもなっていて、その重要度ははかり知れよう。

(注) 次世代産業基盤技術研究開発制度：90年代に期待すべき次世代産業の基盤として、1) 革新性が高く、波及効果も大きく、2) 研究開発資金が多額でリスクも大きく、おおむね10年の長期開発を要

図7 繊維の高性能化と新規用途(複合材)

ラス繊維(GF)の強化技術(GRF)が開発されて、軽く丈夫な複合構造材の革新へと伸展した。その用途は、例えば、大型容器、化学タンク、ボート、建材ボード、基板等の電子部品、自動車・飛行機等の構造材、機械部品、スポーツ用具等先端分野まで多様な応用へ拡大されている。この応用拡大に応じて、強化繊維及びマトリックスの高性能化も進み、ガラス繊維の高性能化、超強度・耐熱性のアラミド繊維、カーボン繊維、その他無機繊維、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、耐熱樹脂、ゴム、コンクリート、軽量金属、カーボン等多様である。表9はGFの多様化及び複合化技術の推移を示した。このようにして、工業資材部品等の既存工業材は勿論のこと、先端分野と言われる宇宙関連用途、航空機材、海洋総合開発用機材、超大型総合開発のための機材(大量の土砂を無騒音無公害で運ぶコンベア機材、軽量強化コンクリート、超大型エアドームのシート機材など)、等等21世紀を開く基盤固めに向けて着実にアクションがとられつつある。この

一連のアクションの技術蓄積がさらに新しい応用を創造し、次々と応用範囲を拡大することだろう。

10. おわりに

以上主として産業資材への応用を中心に、思いつきを述べたわけであるが、最後に我国繊維産業の現状認識を深めるため、技術推移について述べまとめとする。

我国の繊維産業は、欧米先進国からの技術移転とその改善・改良を基盤に据えてきた。そして世界生産規模の1割を占めるまでに成長し、改めて基盤技術の創出と整備が急がれようとしている。

図8は我国の繊維産業技術力と製品(応用)の関連をマトリックスにまとめてみたものである。一般に産業の未発達な段階では、需要があっても技術がないために、製品を購入(輸入)することになる。①我国の例では第1次産業革命初期の綿布である。しかし、市場規模や需要が有望であれば、製品に加えて技術移転導入(輸入)が行わ

表9 GFの多様化および複合化技術の推移

第1世代の複合材
GFの多様化

第2世代
先端複合材(ACM)
高性能化 CF(カーボンF)
ADF(アラミドF)

	GFの種類						MGF	*ハイブリッド	F RTP	RIM
	A	E	C	S	R	AR (G)	1979		スタンパブル 板金プレス加工	
SiO ₂	72	52 ~56	60 ~65	64	60	55 ~62	電磁波 (Al ニッケル 金 銀 等コート)	GF/CF GF/AF	熱 可 塑 性	(ポリオール/イソシアネート) 反応性液状高分子の射出成型
Al ₂ O ₃	0.6	12 ~16	2 ~6	25	25	1 ~5				
CaO	10	15 ~25	15	<0.01	9	0 ~12				
MgO	—	0 ~6	~20	10	6					
Na ₂ O + K ₂ O	14	0 ~1	8 ~12	0 ~1		13 ~18				
B ₂ O ₃	—	—	2 ~7	<0.01		0 ~4				
ZrO ₂						12 ~21				
Fe ₂ O ₃				0.2						
応用の特徴	ガラスウール(断熱)	電絶用FRPの汎用品	耐酸性 含アルカリ	航空・宇宙 高強度FRP	高強度	GRC(強化セメント) 耐アルカリ	電磁波シールド	コストダウン 補完効果	コストダウン	複雑成型 大型成型
特性	強度 kg/mm ²						*ハイブリッドロービングのGCRP			
	20℃	350	338	470						
	538℃	176		246						
	伸度 20℃%	5	5		5					
	軟化温度 ℃	840		970	990					
	弾性率 kg/mm ²	7400	7000	8800	左同					
性	密度 ρ (g/cc)	2.54	2.49	2.49	2.55					

()内GFの含量%

図8 我国の繊維技術及び製品の関連

れる。例えば、②1800年代後期の紡織機械及びその技術の輸入移転である。技術が新しく市場規模の拡大が見込める場合には、技術のみ導入し製品は内製化される。③1940年代の合成繊維の製造と衣用及びタイヤへの応用技術である。この状態で工業化技術の高度化、技術の改善・改良が進むにつれ、製品の輸出に転じるようになる。④1930年頃～1940年頃の綿・絹織物輸出、1960年代の合成繊維およびタイヤ輸出の例である。

次の段階では技術の改善・改良に呼応し製品競争力がつくが、反面技術の輸入移転が困難になる。そのために技術の自力開発が必須となり、ついには独自技術開発の製品を完成し世界市場の席巻となり、その度を越せば貿易摩擦にも発展する。⑤1980年代の高性能合成繊維、炭素繊維、合成繊維の減量加工技術—超シルク織物(Textile化)、人工皮革などである。この期に合繊メーカーの経営戦略は繊維素材の大量生産指向から、その応用としてのテクスタイルへの付加価値追求に転換した。なお、炭素繊維は先端素材として欧米先進国に進出し、その応用技術に関し国際的な技術提携へと進展している。ところで製品競争力が突出する段階になると、企業戦略上貿易摩擦を未然に防ぐ必要から製品だけでなく技術の輸出移転が行われる。⑥1980年代の合成繊維製造プラント、炭素繊維技術、人工皮革技術である。さらにステ

ージが進むと、技術だけの輸出移転となり、現地生産化の企業戦略がとられる。⑦1970年代の紡織・染色技術の海外移転、1980年代の多国籍事業などである。その次には、現地産業の本格稼働で、その生産に余力をきたし製品の輸入、⑧ブーメラン化が強いられよう。最後の姿は技術的な競争力を失ない、①再度輸入に依る事態となる。この傾向は、技術深化の浅い廉価品に顕化する。

以上①～⑧の産業循環は産業の寿命サイクルでもあり、決してさけることのできないものである。その対応戦略としては、⑨新しい技術基盤を絶えず創り出し世代交替に努めることだろう。この視点で、産業資材の応用を考察してみるに、まずは導入技術を基盤に繊維強化のゴム複合材でタイヤ産業を興すことができたわけであるが、21世紀を前にして独自技術による先端応用を構築することが急務となってきた。特にシーズとして複合材の重要性が高まっている。

一方ニーズ面を考えると、国際級地域開発(例えば大運河計画、砂漠緑化計画、等)、海洋総合開発(人工漁礁、人工山脈、海流制御、大陸棚開発、バイオマス、鉱床開発、フェニクス計画、人工島)、超大型エアドーム、宇宙開発など、超大型プロジェクト計画が産業資材への応用分野に拡大されようとしている。なお、本稿は昭和59年度(第17回)繊維学会夏季セミナーでの講演内容をまとめたものであります。最後に、本稿執筆に当り御世話になりました福原節雄先生に深謝します。

文 献

- 1) 化繊ハンドブック(～1984)
- 2) '81～'82年版「産業用繊維資材」の新動向、大阪CMC, Vol. 3, No. 70
- 3) '82自動車用インテリア資材の新動向、大阪CMC, Vol. 3, No. 73
- 4) 安塚勝三: 昭和59年度(第17回)繊維学会夏季セミナー講演資料「新しい産業資材用繊維の応用」
- 5) 安塚勝三: 昭和58・12年全国高等学校理科教育研究発表会特別講演「合成繊維をめぐる現況について」資料(於名古屋市教育会館)
- 6) 崎川範行: 新しい化学(講談社)
- 7) 責任編集 牧 廣, 島村昭治: 複合材料技術集成, (1976)産業技術センタ
- 8) 高次複合材の全容, 大阪CMC, Vol. 3, No. 75, 84, 85

(昭和60年3月28日受理)