

「PAN系炭素繊維の現状と将来」

東レ株式会社
 複合材料事業本部
 トレカ事業部門長
 河村 雅彦

リーマンショック後の世界同時不況により炭素繊維市場は40年にわたる炭素繊維の歴史において初めて大幅な需要減を経験したが、2010年に入り炭素繊維需要は急速に回復を見せており、今後も航空機用途での採用本格化、環境・エネルギー関連用途を牽引役とする産業用途の飛躍的拡大、新規用途の拡大によるスポーツ用途の安定成長により年率15%を越える大きな成長が期待される。

市場のトレンドとしては、航空機用途や高機能スポーツ用途など高品質・高品位のレギュラートウタイプCF需要が拡大する一方で、ラージトウタイプCFの需要が、風車用途、コンパウンド用途や一部の自動車用途など産業用途を中心に拡大してきており、今後「市場の2極化」が進むことが予想される。また、地域別需要としては、今後は、アジア、中でも中国において、産業用途を中心に市場の本格拡大が期待される。

本稿は、PAN系炭素繊維を用いた先端複合材料の現状と、今後の継続発展のために日本の炭素繊維産業が抱える課題についてまとめたものである。

1. PAN系炭素繊維の需要動向と生産能力

世界のPAN系炭素繊維は、図1のように'80年代を通じて航空機、スポーツ用途を中心に順調に市場拡大してきた。その後、'90年代後半から産業用途を中心に需要が急増し供給不足が生じたが、各社生産設備の増設により、2000年から一転して一時的な供給過剰に陥った。'03年後半から着実な需要の増加があり、'08年後半からのリーマンショックにより一時的な成長の足踏みはあったものの、'10年以降急速に需要が回復しており、今後も、産業用途、航空機用途を中心として確実な伸びが期待できる。

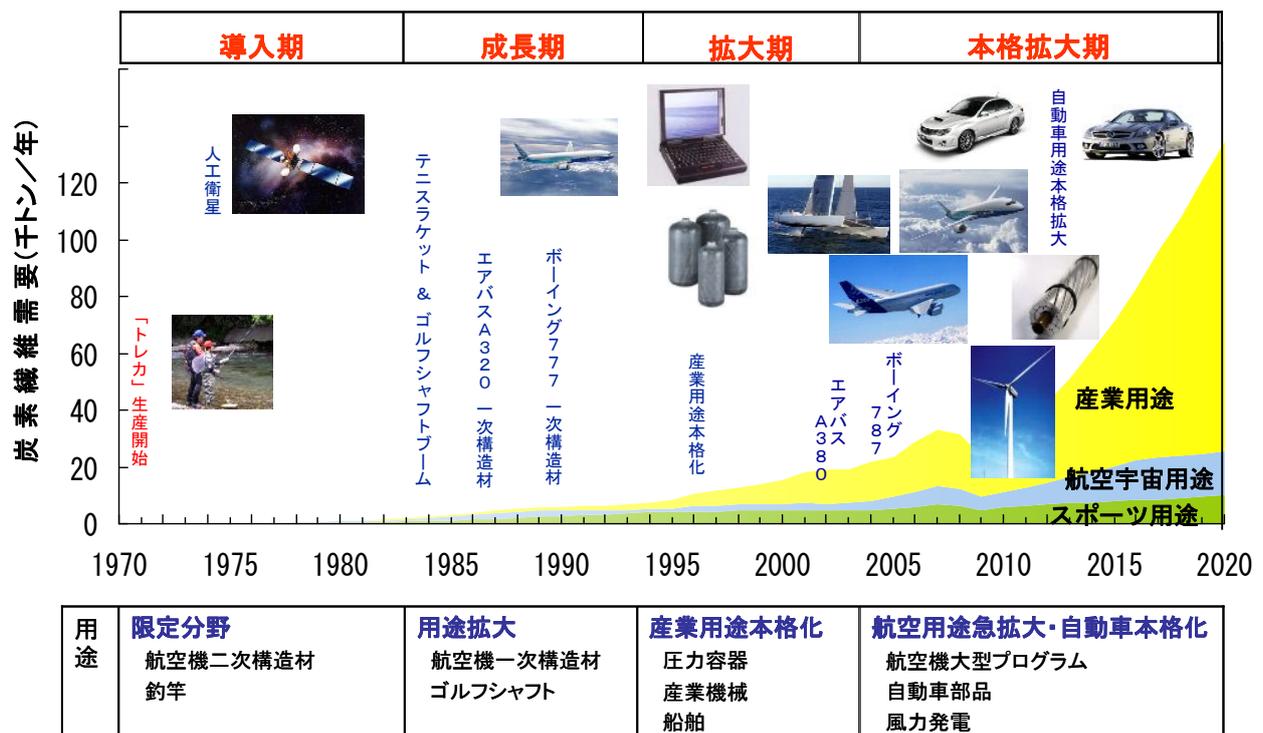


図1 炭素繊維の需要動向

図2に用途別、地域別の今後の炭素繊維需要見通しを示す。用途別では、各用途とも拡大するが、特に環境・エネルギー関連を中心とした産業用途での大きな市場拡大が見込まれる。

地域別では、中国を中心としたアジア、風車用途を始めとするエネルギー関連の需要が旺盛な欧州での大幅な拡大が見込まれる。

今後の市場規模としては世界全体として'13年には約5万トンにまで拡大すると予想される。

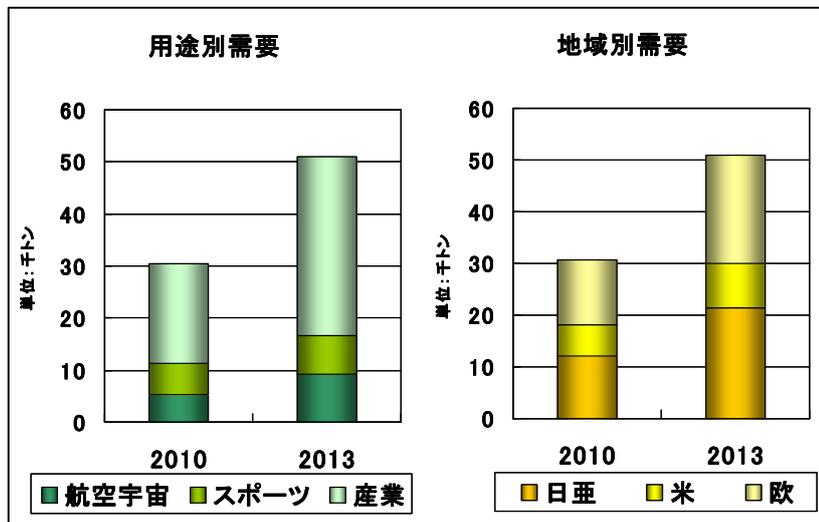


図2 今後の炭素繊維需要見通し (用途別・地域別)

これに対応する生産能力について、表1にPAN系炭素繊維メーカー各社公称生産能力を示す。

表1 PAN系炭素繊維メーカー製造能力の推移 (東レ推定)

(単位: トン/年)

		2010	2012(推定)	
レギュラートウ	東レG	東レ	7,000	8,000
		Soficar(仏)	5,200	5,200
		CFA(米)	5,400	5,400
		小計	17,600	18,600
	東邦G	東邦テナックス	6,400	6,400
		TTE(独)	5,100	5,100
		TTA(米)	2,400	2,400
		小計	13,900	13,900
	三菱レイヨンG	三菱レイヨン	5,400	5,400
		Grafil(米)	2,000	2,000
小計		7,400	7,400	
HEXCEL	4,200	7,200		
Cytec	1,900	3,400		
台湾プラスチック	4,300	6,900		
中国メーカー	4,300	12,200		
ケムロック(インド)	200	200		
AKSA	1,500	1,500		
計	55,300	71,300		
ラージトウ	三菱レイヨン		2,700	
	Zoltek	10,500	11,500	
	SGL	4,000	4,000	
	東レ	300	300	
	計	14,800	18,500	
総計	70,100	89,800		

(注) 耐炎糸能力除く。

2010年の需要回復に伴い、東邦テナックスGが、東邦テナックスヨーロッパ社で新設ラインを稼働させ、また東レG及び三菱レイヨンGは、日本で中断していた増設工事の再開を発表している。

2010年末時点の生産能力は公称値を集計するとレギュラートウ55,300トン、ラージトウ14,800トンの合計約70,100トンとなり、今後、中国、インド、トルコなどの新興国から炭素繊維製造への参入が活発となることが予想される。

2010年の公称能力4,300トンの中国炭素繊維メーカーは、2012年には12,000tを越える見込みだが、実販売量との乖離は大きい。

今後の見通しとして、次に用途別に述べるように、需要は着実に増加することが期待できること、生産能力の伸びが、量的には需要と対応しており、多少の供給過剰は生じる時期はあるものの、需要が順調に伸びる結果、全体の市場規模も着実に増加し、健全な発展が図れるものと推定している。

2. CFRPの用途別需要動向

以下、用途別の需要動向の見通しを記載する。

(1) 航空・宇宙用途

航空機における炭素繊維の需要については、リーマンショック以降、ジェット旅客機の需要が減退し、サプライチェーンの在庫調整により低迷したが、2010年後半には底を打ち、再び拡大局面に入った。

旺盛なアジア地域の需要拡大を背景に、既存旅客機が生産計画が上方修正される一方、エアバスA380に続き、ボーイング787といった炭素繊維複合材料を本格採用した大型プログラムが立ちあがる中、エアバスA350XWBを筆頭とした新型機の開発も進められており、今後とも航空機用途向け本格的な需要拡大が見込まれる。

燃費向上を目的とした機体軽量化ニーズの高まりが、炭素繊維複合材料採用拡大の主な背景であるが、一方で、炭素繊維が航空機に初めて採用されてから30年近くの実績を積んだことで、品質、コスト、安定供給面で、航空機向け素材として地位を確立した側面も見逃せない。

ボーイング787については、構造重量の約50%が複合材料であり、炭素繊維使用量は1機当たり約35トンと推定される。この一次構造材料には東レ製の中弾性率CF使いプリプレグ(T800S/3900-2B)が選定され、三菱重工、富士重工、川崎重工等日本企業が、主翼、中央翼、胴体中央部など構造部材の生産を担当し、分担比率はプログラム全体の35%となっている。787は当初計画から3年以上初号機納入が遅れているものの、同機の本格生産が立ち上がれば、日本における炭素繊維複合材料の大幅な需要拡大が期待される。

A350XWBは、エアバスが2013年納入を目指し開発する270~350席のジェット旅客機で、主翼・胴体・尾翼に複合材料を採用、構造重量に占める割合は53%に達する。

従来、エアバスとボーイングの2社が100席以上のジェット旅客機市場を二分してきたが、新たにボンバルディア社(カナダ)、中国商用飛機(COMAC社、中国)等が、複合材料を使用した新型機を開発、参入を狙う。ボンバルディア社が2013年就航を目指し開発するCS100/300は、主翼をRTM法により成型。COMAC社が開発を進めるC919(2016年就航予定)は、尾翼に加えて主翼の複合材料化を検討していると言われる。

リージョナル機分野においては、三菱航空機がMRJを開発中であり、環境適合性をキーワードとして、2014年の納入開始を目指している。一次構造材として、尾翼に炭素繊維複合材料が適用され、東レがA-VaRTM法で成型を担当する予定。

ビジネスジェットなどの小型民間航空機分野では、リーマンショック以降回復に手間取っているものの、ホンダが昨年12月に胴体に複合材料を採用した小型ジェット機ホンダジェット(7~8人乗り、2012年就航予定)の初飛行を成功させている。

その他、航空機エンジン分野においては、CFM(GE/Safran合弁)社Leap-

Xやプラット&ホイットニー社PW1000G等新型エンジンの開発が進んでおり、燃費効率改善のため、複合材料の使用拡大が期待される。

宇宙用途については、炭素繊維は、人工衛星用途において、軽量化や温度差が激しい宇宙空間における寸法安定性から構体、アンテナ、太陽電池パネルなどに使用が定着しており、通信、GPS高度化等を目的とした人工衛星打ち上げの増加とともに需要が拡大している。打ち上げロケットについても、エンジンモーターケース、ペイロードフェアリング等に炭素繊維が幅広く使用されている。

(2) スポーツ用途

スポーツ用途向けCF需要は、2009年の急激な落ち込みを経て2010年に急回復し、今後、3大用途であるゴルフ、釣竿、ラケットを中心として堅調に推移すると見込まれる。また、中長期的には中国沿岸部を中心とするアジア富裕層向け需要拡大や、自転車・ホッケースティックなど新規用途の拡大による更なる成長が期待されている。

スポーツ用途の生産拠点は、既に中国を中心とするアジア地区に集中しており、今後もスポーツ用CF需要は中国を中心に拡大してゆくことが見込まれる。また、主要用途であるゴルフ・釣竿用途では、高機能志向による高級品分野での更なる高付加価値化が進行するとともに、汎用品分野での本格的な量的拡大もあり、市場の二極化が進むと予想される。

(3) 産業用途

産業用途については、全世界的に最も伸びが期待されている用途であり、表2に示すようなエネルギー関連用途、輸送機器用途、土木建築用途、その他一般産業用途などで展開されている。

以下主要用途別に、動向と今後の見通しについて述べる。

表2 炭素繊維産業用途の主要分野

用途分野	項 目
エネルギー関連	圧力容器(CNGタンク、SCBA、CHG)
	風力発電(風車ブレード)
	電線(送電線芯材)
	燃料電池(電極ガス拡散層)
	海底油田(ライザー、テダー、スプーラブルチューブ他)
輸送機器	自動車ドライブシャフト、自動車外板
	船舶船体
土木・建築	耐震補強(橋脚、床板、建築物(梁、柱))
	軽量建材(立体トラス、屋根材)
	鉄道防音壁(プレート)
	橋梁(桁材、CFRC(ケーブル))
一般産業機械	ロール(印刷機、製紙用ロール)
	医療機器(X線機器、車椅子、補装具)
	PC筐体
	小型機械部品(ICTレイ、OA機器部品)

A. 圧力容器

CNGを自動車燃料として使用する際の貯蔵タンク、或いは消防士用などの空気呼吸器用に、軽量性・高強度を利用して炭素繊維が使われている。特にCNG用途は、着実に伸長しており、先行している米国に続いて欧州・中国を中心としたアジアでの伸びが期待される。また、これに伴いアジア・南米を中心にパイプラインを補完するインフラとしてのCNG輸送用タンク需要も

期待されている。

また、燃料電池に必要な水素ガスの供給方法として、車載型については技術の完成度等の面から高圧水素ガス方式が最も現実的な方式とされ、高性能炭素繊維を利用した超高压水素ガス容器（CHG）の開発も進められている。

B. 風力発電

再生可能エネルギーの本命として、世界の風力発電設備設置は年率30%以上の成長を続けている。世界不況の影響でここ2年ほど伸び悩んだ欧米に対し、中国では年率100%の大きな伸びを見せている。

現状では全世界の発電容量は約20万メガワットであり、今後は、約4—5万メガワット/年程度の新規設備の稼働が予想されている。同時に効率化追求により、一基あたりの大型化が進み、年々羽根の大型化も進んでいる。現在では長さ40m以上の羽根が主流で、世界最大の風車メーカーであるデンマークのVestas社の3メガワット級発電機V90（羽根長44m、直径90m）を初めとして、これら大型羽根のスパー（桁）材に炭素繊維を使用した物が増えており、欧州中心に約7千トン/年の炭素繊維需要となっている。

また、2015年近傍を目処に欧州、中国等で大規模な、洋上風力発電設置が計画されており、これらには出力5メガワット（羽根長60—70m）級発電機が使用される見通しのため、炭素繊維の適用が益々進むことが期待されている。

C. 電線

中国、南米といった新興国を中心に電力需要の増大、発電能力拡大が進み、送電需要が大きく増大している。加えて欧米を初めとする先進国では、風力、太陽光等の再生可能エネルギーに対応するためのスマートグリッド化の推進で、高効率送電線需要が増大する。CFRP芯線を用いた送電線は、熱膨張が小さく、軽量であるため鉄芯を用いた電線に比べ2倍の電力を送電することが可能な一方、支柱の数を減らすことが出来るため、トータルの建設コストが変わらないこともあり、大幅な普及が予想され、将来は千トン以上の炭素繊維需要が期待される。

D. 自動車用途

自動車用途への炭素繊維の適用は、その耐衝撃性、軽量性がきわめて有効なことから、F1を始めとしたレーシングカー用途やスーパーカー用途ではすっかり定着している。通常の自動車用途では、軽量化による二酸化炭素削減（軽量化で1割の燃費向上を図るには、車体重量を約2割下げる必要あると云われている）、および安全性・空力性能といった機能的なメリットを武器に、欧州を中心に、1台一千万円を越える高級車を中心として適用が開始されている。本件用途では特に欧州での検討が先行しているが、日本においても、プロペラシャフト、エンジンフード、ルーフ、リアスポイラーなどへの適用例があり、確実な拡大が見込まれる。環境意識の高まりの中、低燃費車、電気自動車を中心とした量産車への展開が一気に進むことが期待され、このためには成型を中心とした低コスト化、量産技術確立が重要であり、製造サイクル、コストとリサイクル性が今後課題となると推定される。

E. 海底油田

海底油田用途は、プラットフォームを係留するテザーや原油を汲み上げるライザーなどへの炭素繊維の適用が検討され、ブラジル、米国等で検討が進められている。この用途が実現すると、1件あたりの使用量が千トンオーダーの莫大なものになるといわれる。昨年メキシコ湾での原油流出事故の影響もあってプログラムは若干遅れてはいるが、2015年近傍を目処に実用化が期待されている。

F. 土木建築用途

現在、炭素繊維の土木建築用途は、殆どが耐震補強、老朽化または使用条件変更等による補強用途である。これは、炭素繊維の織物やシート、ラミネートを樹脂で適用、固定することで補修・補強するもので、鉄を使用した工法と比較して、補強材の軽量性、易工事性に優れることから、着実に浸透している。この工法は日本を始め欧米が最も進んでいたが、最近では経済発展が著しい中国を中心にアジアにおいても補強による耐荷重向上等を目的に大きな拡がりを見せている。

G. その他

医療機器（X線カセット、X線天板）は、CFRPのX線透過性を生かした用途として、確固たる地盤を築きつつある。また、産業用ロール（印刷機、製紙用）、ロボットアームなどは、高弾性率を生かした産業用途の代表例で今後も伸長が期待される。

また、炭素繊維の需要は、パソコンの普及と共に、剛性、制電、電磁波遮蔽などの特性を生かして、ハイエンドの筐体用途としてMg合金と対抗しながら伸張している。筐体の成型法は、ナイロンなどの熱可塑性樹脂とチョップド糸からなるペレットを用いて射出成形する方法や、より品質を追求する場合は一方向プリプレグなどを使用する方法もある。

3. 炭素繊維業界としての課題

（1）リサイクル

炭素繊維の需要は今後も拡大してゆくことが予想され、年間の世界需要量は2009年の2万4,000トンが2013年には5万トン近くになると考えられる。特に、自動車用途をはじめ産業分野で飛躍的な拡大が期待されるが、環境問題や関連規制などリサイクルへの適用性が前提となるため、炭素繊維需要の拡大を確かなものにするためにはリサイクルへの取り組みが重要になる。現在は廃棄されるCF製品のほとんどが埋設処分されているが、リサイクル技術の確立、リサイクルシステムの構築によって炭素繊維を効率的にリサイクルすること自体が、環境負荷低減に寄与し、新たな市場を生み出す可能性が高い。

炭素繊維協会では2000年より3年間NEDO委託研究として「リサイクルCFRP粉砕品の標準化」を行い、CFRPのリサイクルを検討し、CFRPの粉砕、分級技術開発や再生ミルドCFへの加工技術の基礎を確立した。また、2006年からの3年間は経済産業省の補助事業として「炭素繊維製造エネルギー低減技術の研究開発」に取り組み、パイロットプラントを建設して実証運転を行い、基本技術の確立と再生CFの評価などを実施した。更に2009年からは福岡県を主体とする共同研究を通じて、リサイクルシステムの早期実用化に向けた再生CFの品質向上や事業性の検討等に継続して取り組んでいる。

（2）LCA（Life Cycle Assessment : ライフサイクルアセスメント）

最近、地球的規模での温暖化、二酸化炭素排出の問題が、大きくクローズアップされている。炭素繊維は、その製法に起因して、単位重量あたりの素材製造エネルギーが鉄鋼など金属に比べて大きいと言われている。一方、ボーイング787では機体構造重量の50%にCFRPが適用される。これと同じCFRP構成比率を既存機体であるボーイング767に適用すると、機体1機あたり、機体構造の軽量化が20%、ライフサイクル全体で排出される二酸化炭素の削減量が7%となる。LCAとは、資源の採取、製品の製造・使用・リサイクル・廃棄などに関するライフサイクル全般にわたっての、総合的な環境負荷を評価する環境問題の考察手段の一つである。炭素繊維は、このLCAの観点からは、鉄鋼などの従来材対比、より環境にやさしい素材と言える。炭素繊維協会では、会内に炭素繊維メーカーから構成される「LCA分科会」を発足させ、LCA炭素繊維協会モデルを公表した。これは、航空機、自動車、風車の各用途に炭素繊維を適用することによる機体軽量化の効果、10または20年といった各製品のライフサイクル全体を通して削減が予想される二酸化炭素の量を定量的に予想したものである。LCAの考え方は、欧米諸国でも広がっており、炭素繊維のさらなる普及のために非常に重要な概念である。

4. まとめ

炭素繊維は、リーマンショック後の世界的な需要減を経験した後に、2010年に大きく需要が回復し、今後も環境・エネルギーをキーワードに大幅な需要拡大が期待される。航空機用途に関しては、B787に続くA350XWBを筆頭とした新型機におけるCFRP使用の拡大が一層進行することが見込まれ、また、産業用途では、圧力容器、風力発電、自動車等各用途での大幅な伸張が見込まれる。

PAN系炭素繊維は、その製法に起因して必ずしも地球環境にやさしい素材とはいえないが、これをライフサイクル全体で捉えれば、地球環境に大きく貢献できる素材である。今後とも、このような観点から、炭素繊維の更なる普及による地球環境への貢献を果たしてゆきたい。

また、今後の更なる量的拡大に備え、これまで培ってきたリサイクル技術の確立へ向けた取り組みを強化してゆく必要がある。

今後とも炭素繊維が期待通りに拡大し社会に貢献してゆくために、素材、樹脂、成型加工、中間基材およびリサイクルも含めた環境適合技術開発を、我々炭素繊維及び複合材料に関わる業界が、共に切磋琢磨し、健全な発展を目指して参る所存です。今後とも関係各位皆様のご理解とご協力をお願い致します。

以上