

PAN系炭素繊維の現状と将来

2017年2月22日

東レ株式会社

複合材料事業本部長

須賀 康雄

1

内容

1. 炭素繊維の歴史
2. 市場概況
3. トピックス
 - (1) スポーツ分野
 - (2) 航空機分野
 - (3) エネルギー・インフラ分野
 - (4) 自動車分野
 - (5) リサイクル分野
 - (6) 東レの動向
 - A. SCサイトの建設
 - B. Zoltek増設
 - C. 燃料電池電極基材工場
4. まとめ

2

炭素繊維開発の歴史

1879 トーマスエジソンが電球のフィラメント用に木綿や竹を焼いて炭素繊維を製造。

1880 白熱電球の発熱体に適用。



故 進藤 昭男 先生

1959 東レ 進藤博士とPAN系炭素繊維の共同研究を開始

1961 大阪工業試験所 進藤博士 PAN系炭素繊維の基本原理を発表

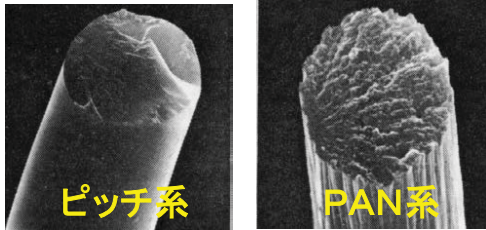
1963 群馬大学 大谷杉郎教授 ピッチ系炭素繊維の製造法を発表・特許化

1967 東レ PAN系炭素繊維の品質を飛躍的に向上させるアクリルポリマーを開発

1969 東レ 高性能PAN系炭素繊維の生産を可能にする焼成技術を開発

1971 東レ PAN系炭素繊維の商業生産を開始

1975 東レ T300が世界で初めて航空機2次構造材(B737)に採用

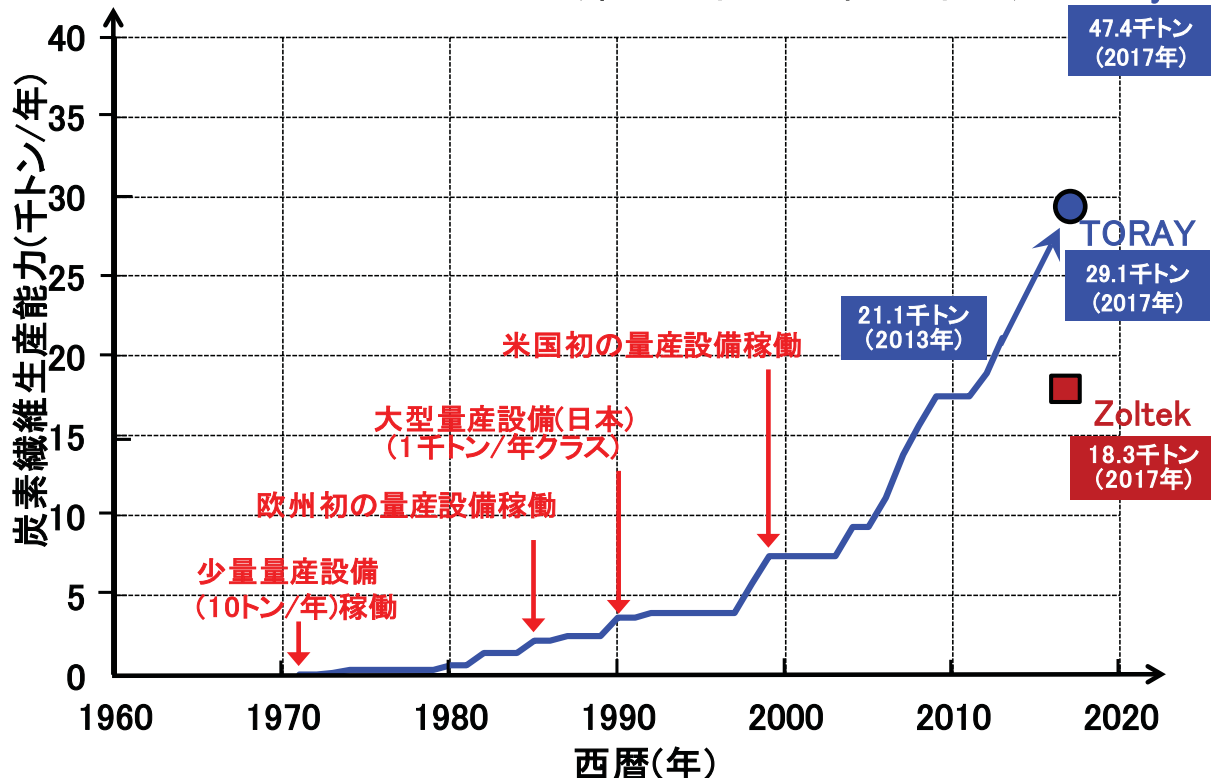


ピッチ系

PAN系

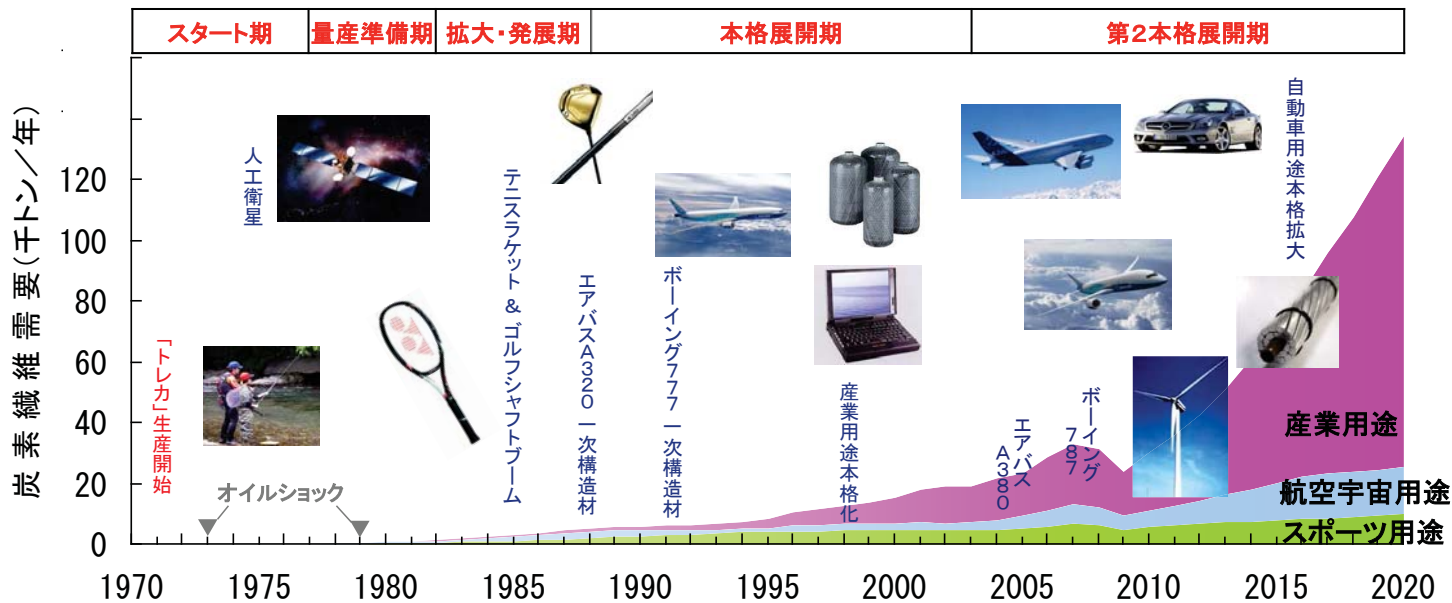
PAN系炭素繊維の生産能力向上の歴史(東レ)

- 1971年商業生産開始後、レギュラートの生産能力は2,900倍に拡大。
- 生産機1ライン当たりの生産能力は、初期の200倍以上に向上。
- Zoltek買収により、G全体の年間生産能力(2017年)は計47.4千トン。
(東レ29.1千トン+Z社18.3千トン)



商業生産開始以降の炭素繊維需要の推移

<東シ推定>

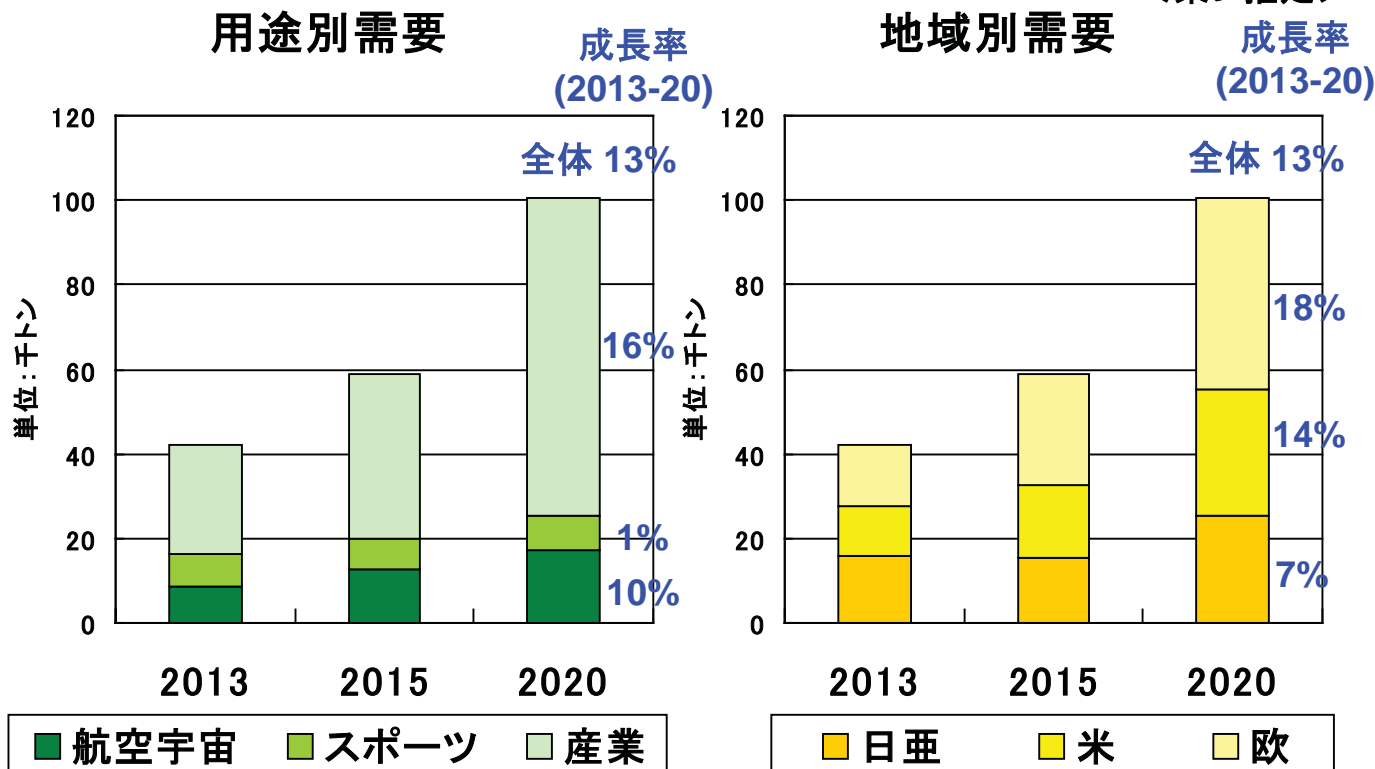


用途	限定分野	用途拡大	産業用途本格化	航空用途急拡大・自動車本格化
	航空機二次構造材 釣竿	航空機一次構造材 ゴルフシャフト	圧力容器 産業機械 船舶	航空機大型プログラム 自動車部品 風力発電

2. 市場概況

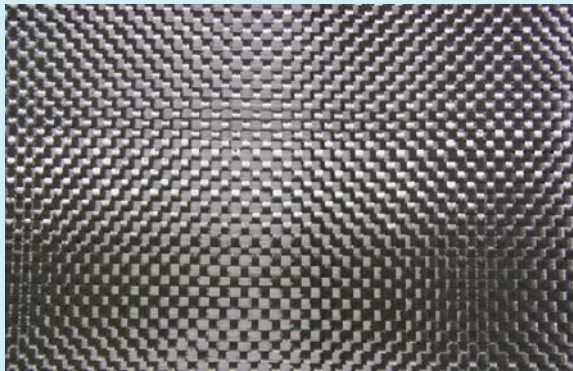

PAN系炭素繊維の需要見通し(全体:用途別/地域別)

<東シ推定>



2013年 4万ト → 2020年 10万ト

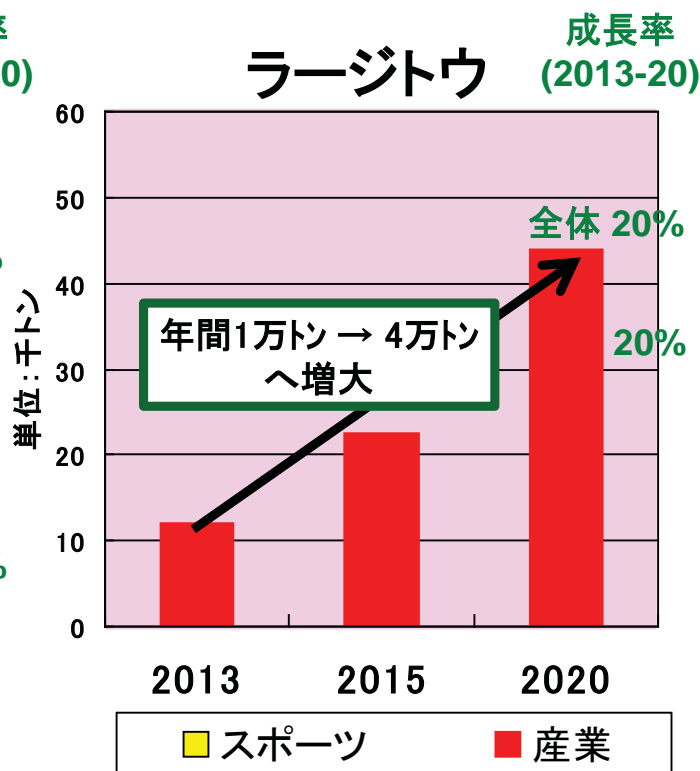
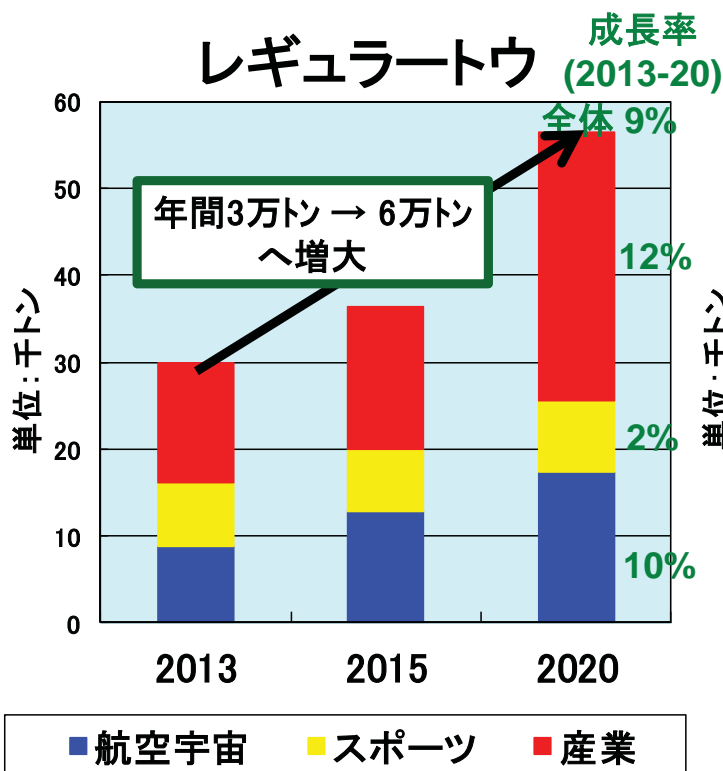
レギュラートウ／ラージトウの違い

	レギュラートウ	ラージトウ
定義	・炭素繊維用に専用設計された設備と製造ノウハウにより製造された高性能炭素繊維	・衣料用アクリルトウ設備転用 ・簡易な焼成設備により製造された安価な炭素繊維
特徴	・24,000フィラメント以下 ・欠陥制御、均一化などの高性能化配慮 ・高コスト	・50,000フィラメント程度 ・標準的な性能 ・低コスト
形態	<p>“レギュラートウ”織物</p>  <p>東レT700S-12K/330gsm</p>	<p>“ラージトウ”織物</p>  <p>Zoltek(50K)/330gsm</p>

7

PAN系炭素繊維の需要見通し(レギュラートウ／ラージトウ)

<東レ推定>



8

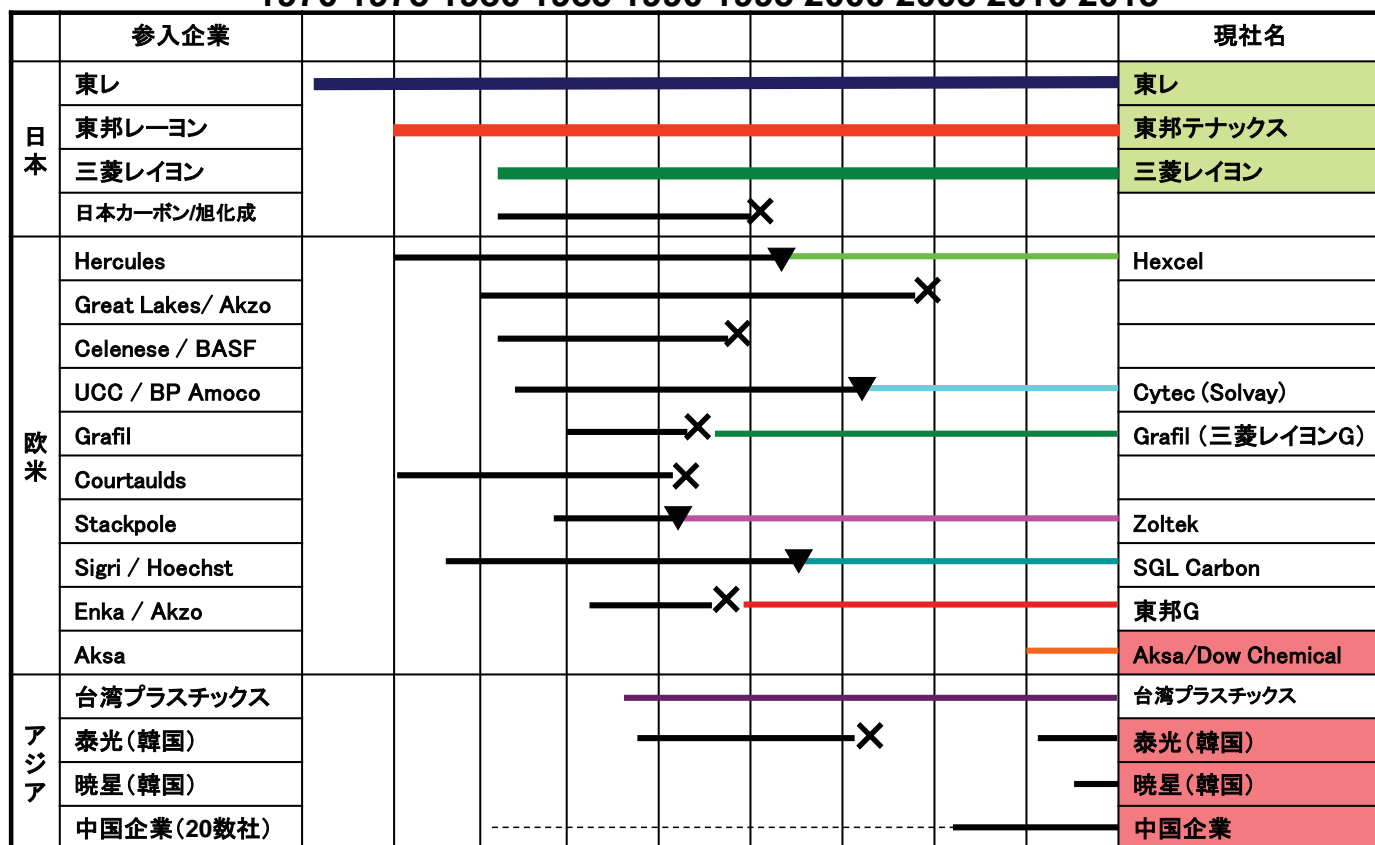
PAN系炭素繊維メーカーの製造能力(東レ推定)

単位:千トン

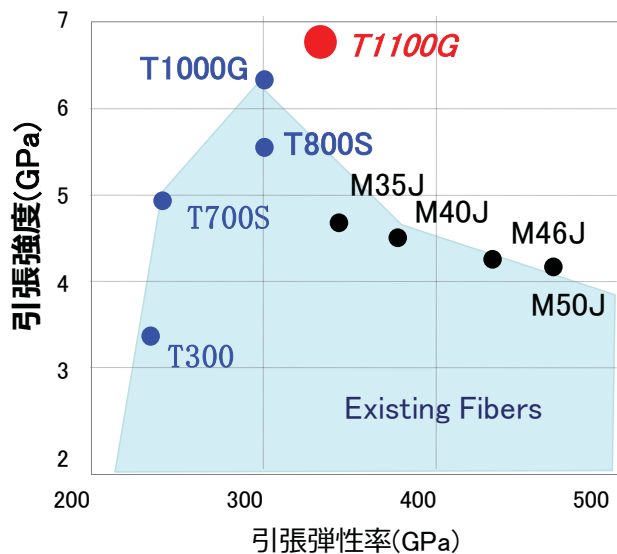
		2015	2016	2017
レギュラートウ	東レG	27.1	27.1	29.1
	東邦テナックスG	11.4	11.4	11.4
	三菱レイヨンG	7.4	9.4	9.4
	Hexcel	8.9	8.9	8.9
	Cytec (Solvay)	3.4	3.4	3.4
	台湾プラスチック	8.8	8.8	8.8
	Aksa	3.5	3.5	3.5
	暁星	2.5	2.5	2.5
	新興国	11.8	11.8	11.8
	合計	84.7	86.7	88.7
ラージトウ	東レG (Zoltek)	13.0	15.5	18.3
	三菱レイヨンG	2.7	2.7	4.9
	SGL	12.0	12.0	11.0
	合計	27.7	30.2	34.2
総計		112.4	116.9	122.9

炭素繊維メーカーの変遷

1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015



▼:買収による規模縮小 ×:撤退または売却

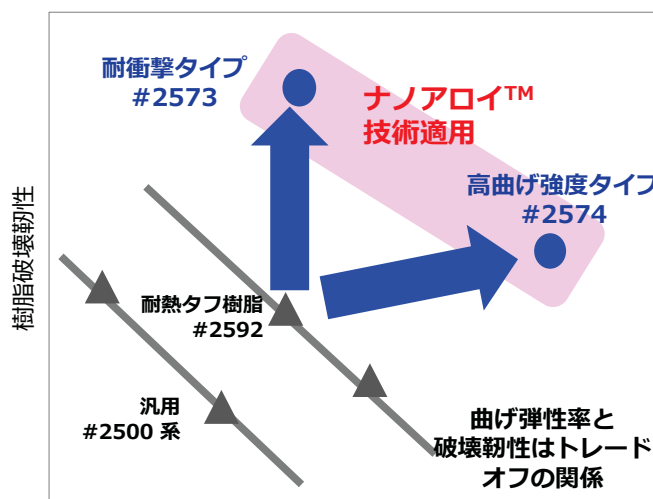
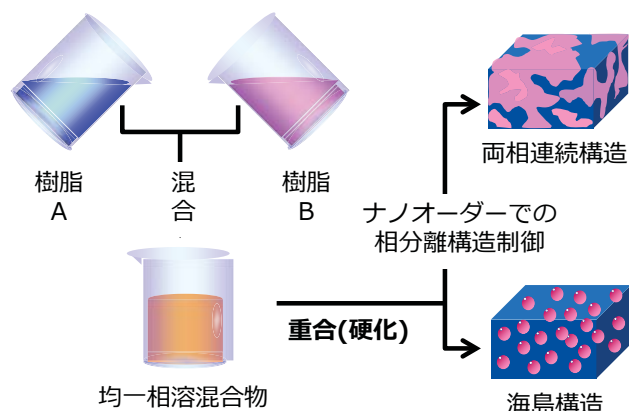


<トレカ™の製品ラインアップ・用途>

製品	特性	主な用途
T1100G	高強度・高弾性率	スポーツ、航空機一次構造、ロケット
T1000G	高強度・中弾性率	スポーツ、ロケット
T800S	高強度・中弾性率	スポーツ、航空機一次構造
T700S	高強度・標準弾性率	スポーツ、産業全般
T300	標準弾性率	スポーツ、航空機二次構造、産業全般

トレカ™「T1100G」の引張強度・引張弾性率比較

高強度と高弾性率の両立を実現したトレカ™「1100G」を開発



マトリックス樹脂におけるナノアロイ™技術

ナノアロイ®適用樹脂の物性

2種類以上の樹脂をナノオーダーで相分離させるナノアロイ™技術により、従来トレードオフにある樹脂の曲げ弾性率と破壊靱性の両立を達成

T1100G/ナノアロイ™樹脂プリプレグ

<適用事例>



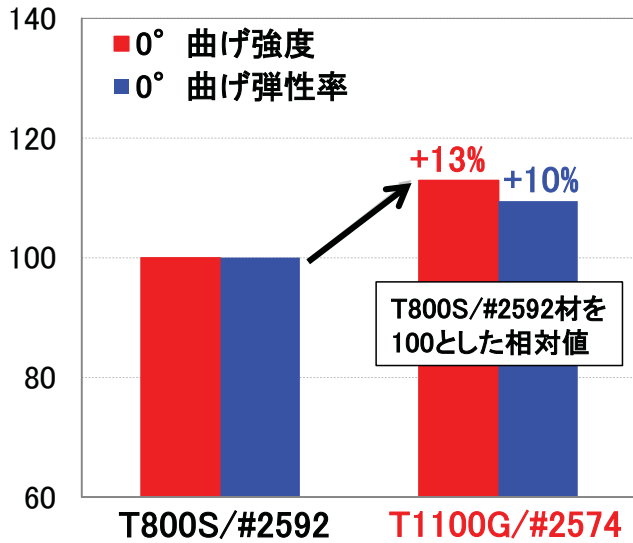
本間ゴルフ社
TOUR WORLD専用シャフト
VIZARD



ダンロップスポーツ社
ゼクシオシリーズ



ピナレロ社
DOGMA F8



高曲げ強度ナノアロイ®「#2574」のコンポジット物性

- T1100G とナノアロイ樹脂の組み合わせで、高強度と高弾性率の両立を達成
- ゴルフシャフト用途等の円筒形状でも、ねじり強さを維持したまま、曲げ強度の大幅な向上ができる。

航空機材料の変遷 - 軽量化への挑戦の連続 -

1900年初頭



オーニソプター
(レオナルド・ダビンチ)
木・布



ライトフライヤー I
木材・鋼・羽布

1930年代



ボーイング247
ジュラルミン初適用

1980~1990年代



B777、A320
CFRP1次構造材適用

1950年代



コメット
ジュラルミン適用
初ジェット機

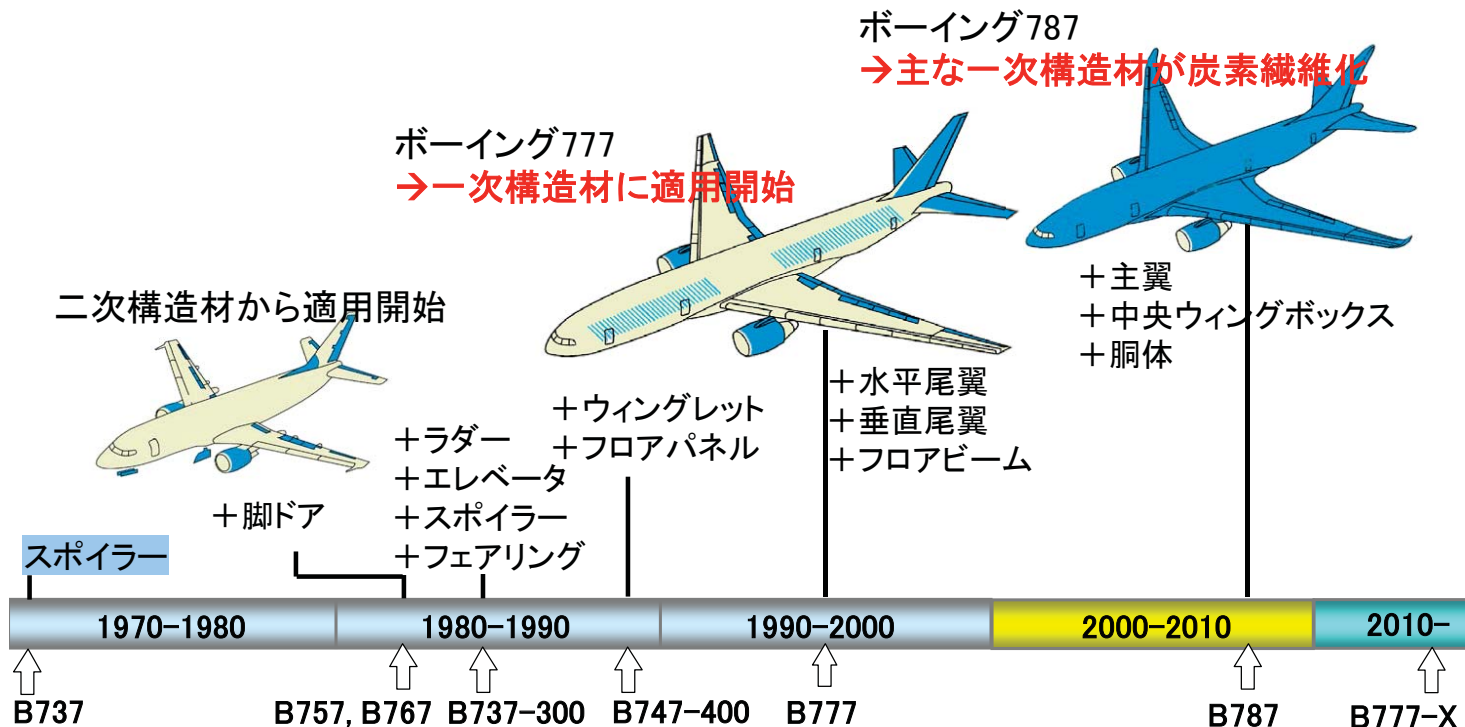
現在



Boeing787
オールCFRP化

民間航空機への炭素繊維適用の変遷 (ボーイング社)

- 1970年オイルショックを受け、NASAが軽量化プロジェクトを推進。ボーイング社、ロッキード社が参画。CFRPの適用を検討。
- リスクの小さい二次構造材料から採用開始 (737、757など)
- 第2次オイルショックから一層の軽量化を検討。777で一次構造材への適用検討開始。CFRPに対する大幅な高性能化の要請あり。
- 777での挑戦。10年以上の安全性実績を元に787でオールコンポジット化実現。

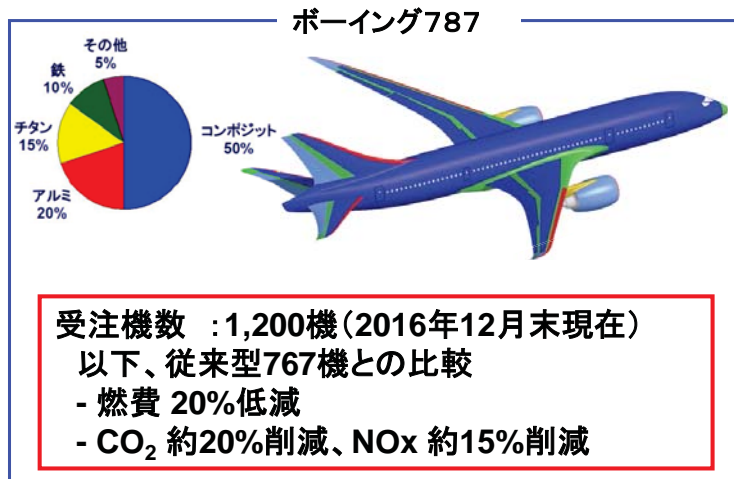
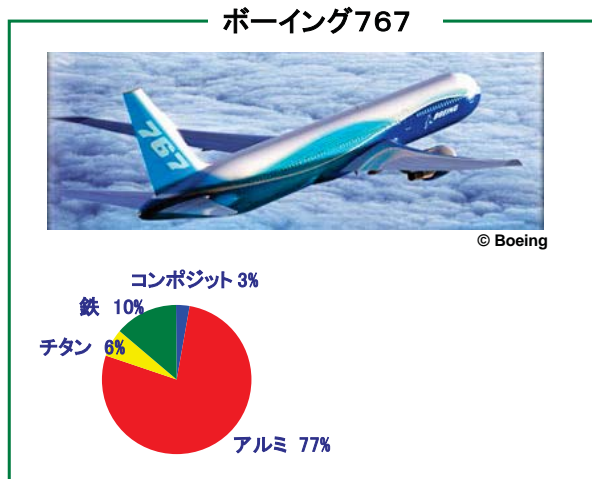


ボーイング787～従来機との比較～



部位	B767	B787	コンポジット化の効果
胴体	アルミ	コンポジット	・耐腐食性向上 - 機内湿度アップ ・高強度 - 窓大型化、気圧アップ ・使用リベット数低減
主翼	アルミ	コンポジット	・軽量化 - 燃費向上 ・複雑形状化 - 空力特性向上
尾翼	アルミ	コンポジット	・軽量化 - 燃費向上
動翼	コンポジット	コンポジット	-

- 同サイズの767対比大幅にコンポジット化を実現
- 軽量化による燃費向上、機内環境向上を達成



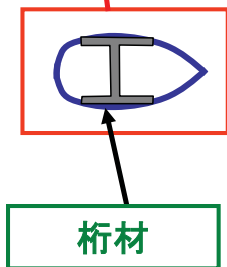
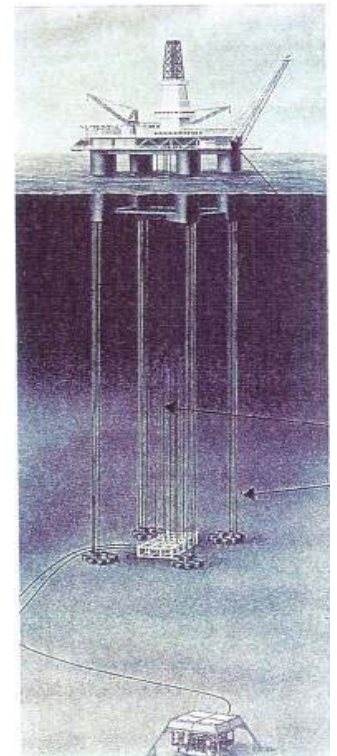
風車ブレード



圧力容器



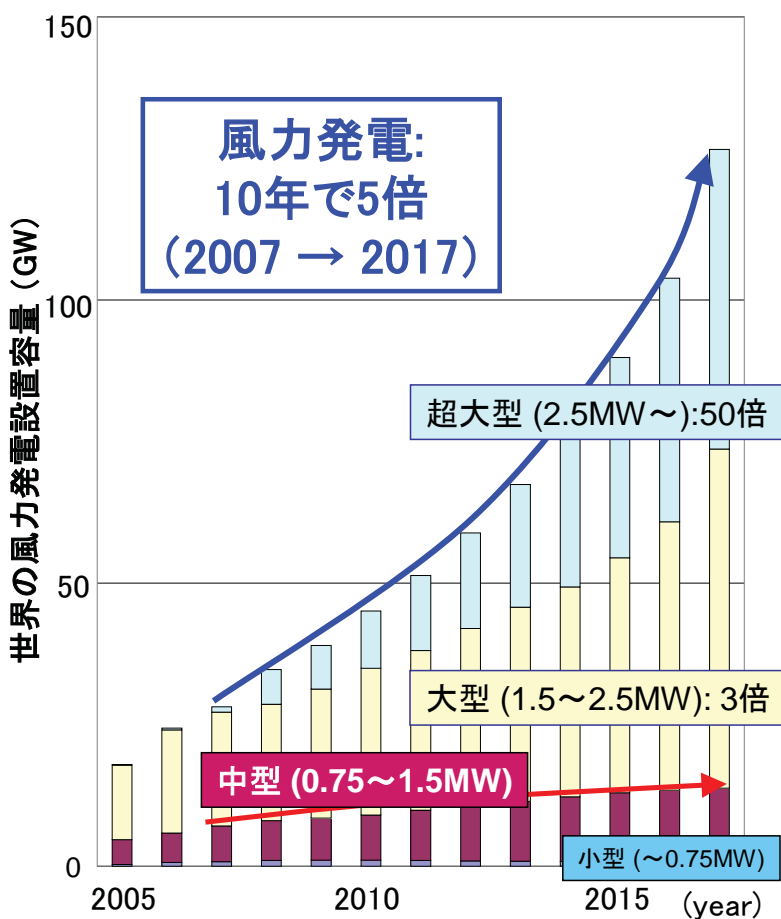
海底油田用パイプ



電線(ケーブルコア)

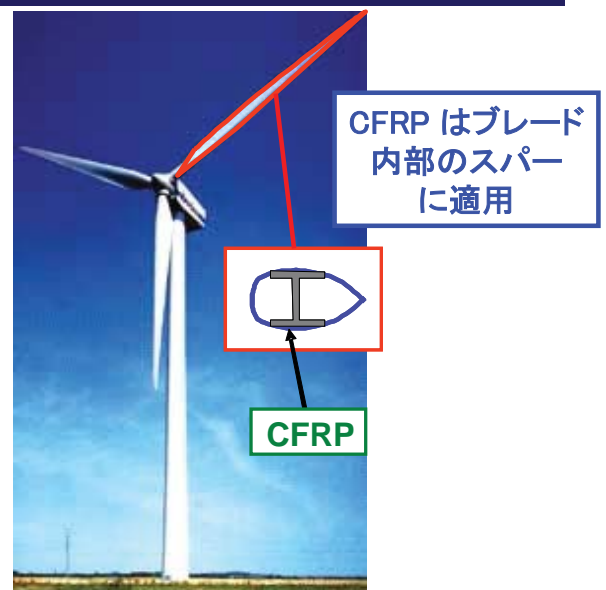


風車ブレード



(Ref.) Composites Industry Monthly (March 2008)

風力発電用大型風車

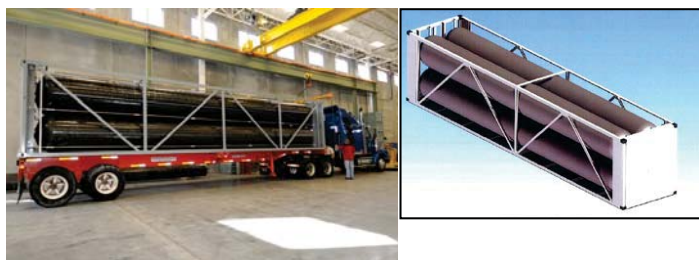


<CFRP使いのメリット(大型ブレード)>

- ①高剛性:
ブレードのタワーへの接触防止
- ②錆びない、疲労しない
海洋環境での高い信頼性
- ③軽量
ベアリング、タワーへの荷重軽減
→ トータルコストダウン

圧力容器(天然ガス車)

バルクホール輸送用 CNG (圧縮天然ガス) タンク



Length 11.6m × Diameter 1.08m

バス、自動車用CNG タンク



<炭素繊維製CNG輸送タンクのメリット>

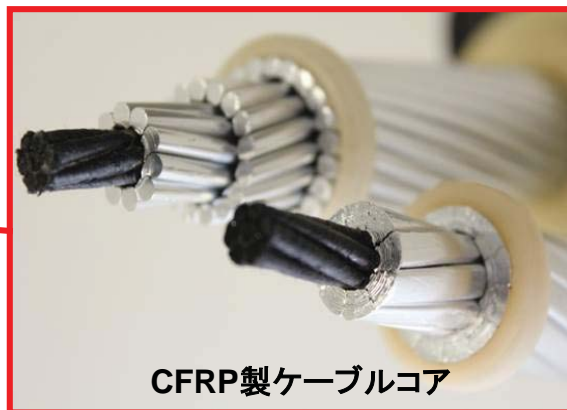
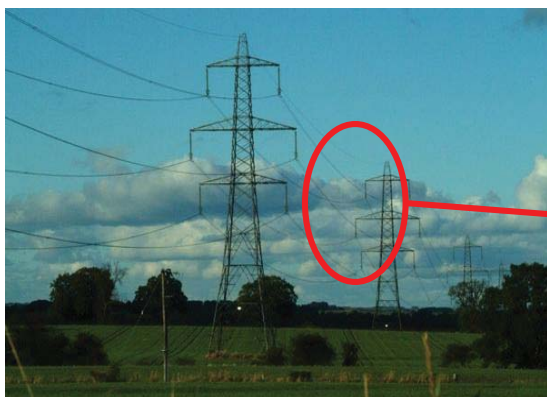
- ①軽量(鉄対比 30% 軽量):
同一重量のタンクなら、より大容量
- ②内陸でのパイプライン輸送の代替
パイプライン設置対比安価
- ③安全
腐食・疲労しない
- ④現状
多数の国に導入済み
(ドミニカ共和国、オーストリア、タイ、ベトナム)

<炭素繊維使用のメリット>

- ①軽量(鉄対比 30% 軽量):
天井設定でも低重心
- ②安全
腐食、疲労しない
- ③現状
'90年代から多数バスメーカーで広く適用
乗用車でもcarbon fiber CNGの適用例あり

電線(ケーブルコア)

送電用電線ケーブルコア

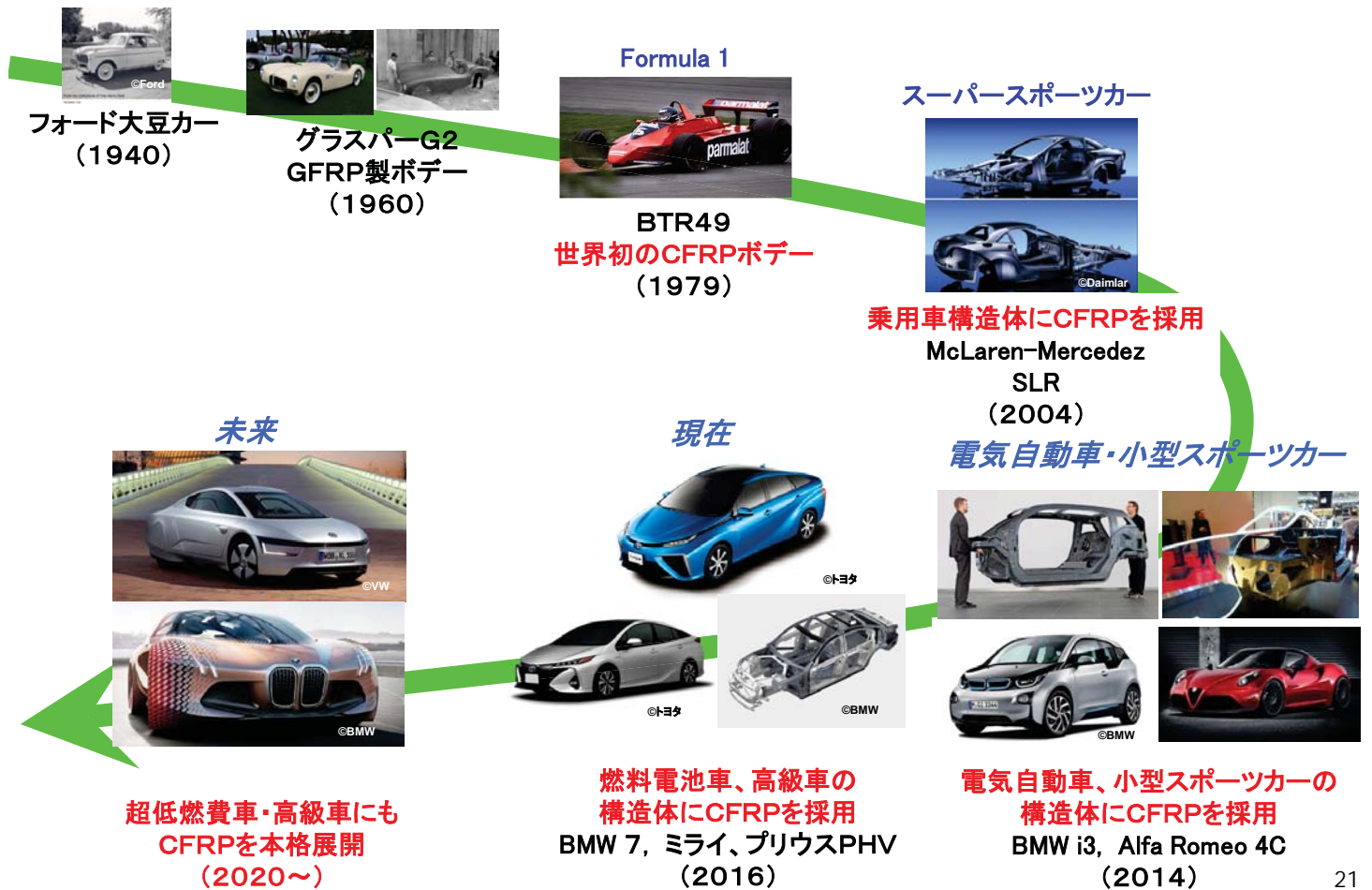


CFRP製ケーブルコア

<炭素繊維製 送電用電線ケーブルコアのメリット>

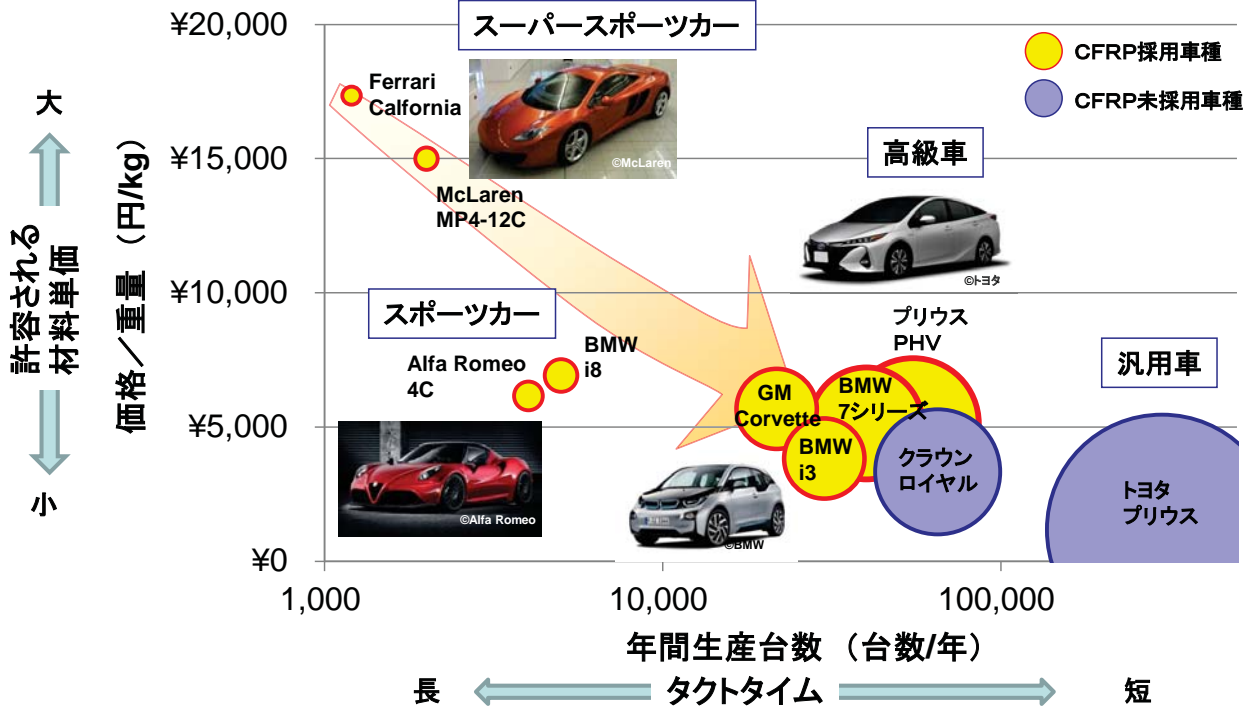
- ①軽量:
送電容量の増加
- ②高強度
鉄塔数削減(鉄塔間隔のロングスパン化)
- ③安全
垂れ下がらない(低線膨張率)
- ④現状
多数の国に導入済み
(米国、カナダ、欧州で敷設。中国で需要急増)

自動車へのFRPの適用 - 軽量化への挑戦 -



量産自動車展開: 性能とコストとのバランス

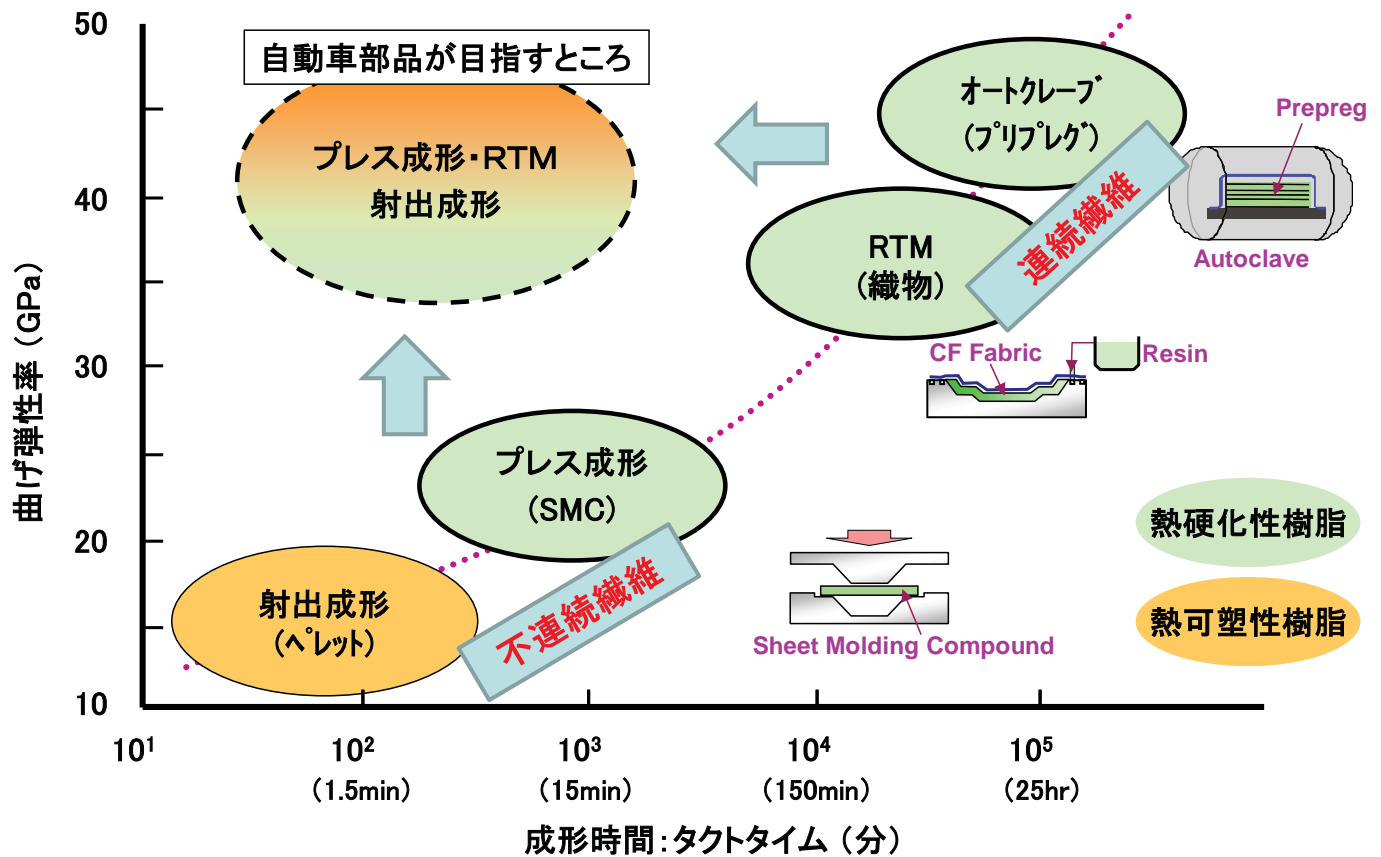
◆商品価格/商品重量と生産量の関係



◆量産自動車適用の課題(生産性とコストとのバランス)

1. ハイスイクル成形技術の開発
2. 材料コストと性能バランスの追求
3. CFRPの性能を活かした部品の開発

自動車分野での成形性・生産性の向上



優れた材料特性を有し、且つ、短いタクトタイムで生産できる成形技術開発

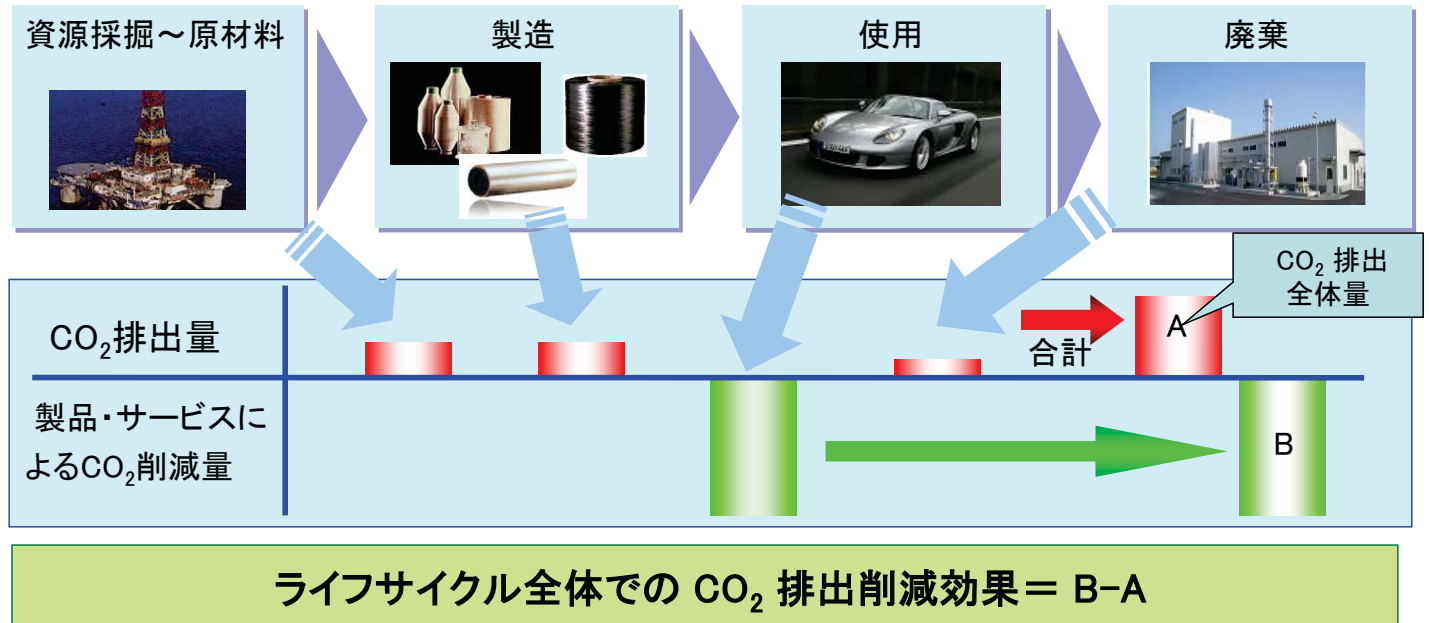
燃料電池車 トヨタ“MIRAI”での炭素繊維の採用事例



様々な形態の炭素繊維製品が燃料電池車には採用されている

ライフサイクルアセスメント (LCA) の概念

LCA: 資源の採掘から輸送・製造・使用、そして最終的な廃棄段階まで、環境負荷の発生状況を製品・サービスのライフサイクル全体に渡って定量的に評価する方法



単に製品の製造段階などで排出されるCO₂排出量に着目するのではなく、ライフサイクル全体を俯瞰して、真にCO₂排出量の削減に大きく貢献する製品・サービスを科学的・定量的に評価

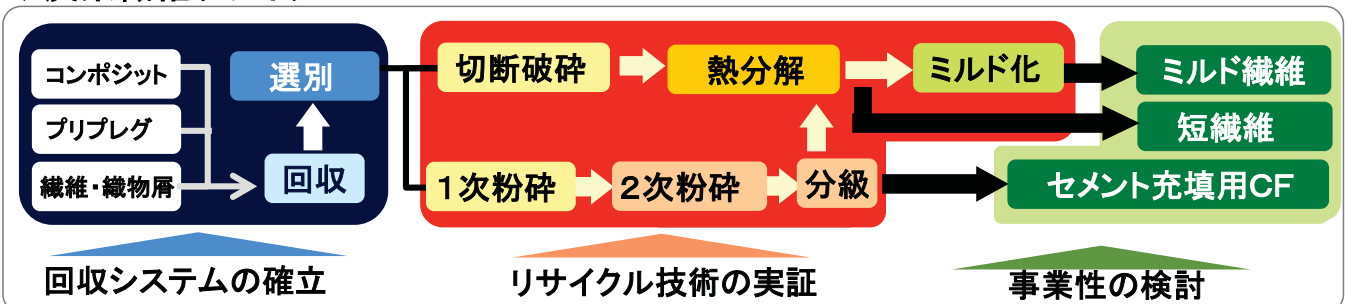
リサイクルに関する過去の検討

炭素繊維協会、技術開発組合によるリサイクルシステムの構築・事業化検討

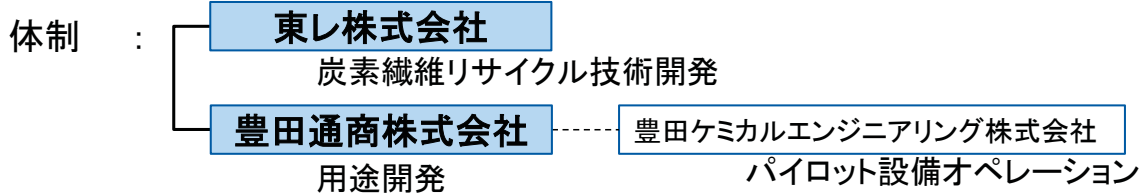
- ◆ 経済産業省の補助事業 (2006～2008年)
 テーマ名: 炭素繊維製造エネルギー低減技術の研究開発
 ※炭素繊維協会で「炭素繊維リサイクル技術の実証研究開発」を推進
- ◆ 福岡県・大牟田市との共同研究 (2009～2010年) テーマ名: リサイクル炭素繊維に係る研究
 ※炭素繊維協会でサンプル提供等を実施、再生炭素繊維評価を推進
- ◆ PAN系3社でリサイクル技術開発組合を設立 (2012年)
 ※共同で炭素繊維リサイクルの実用化に向けた取り組みを推進
- ◆ 炭素繊維リサイクル技術開発組合の解散 (2015年)
 ※製造技術確立という初期の目標を達成し、組合を発展的に解散
 → 共同開発で得られた知見・ノウハウをいかし、各社独自で炭素繊維リサイクルの量産技術開発および事業化の検討を進める。

◎ バージン Mild CF に比べ、リサイクル品の製造エネルギーは 17%、CO₂ 負荷は 14%

炭素繊維リサイクルフロー

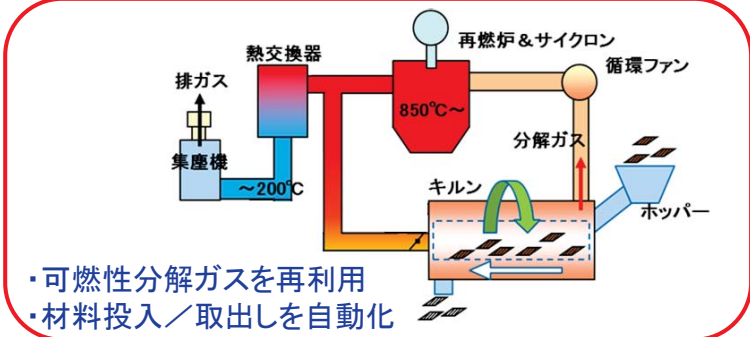
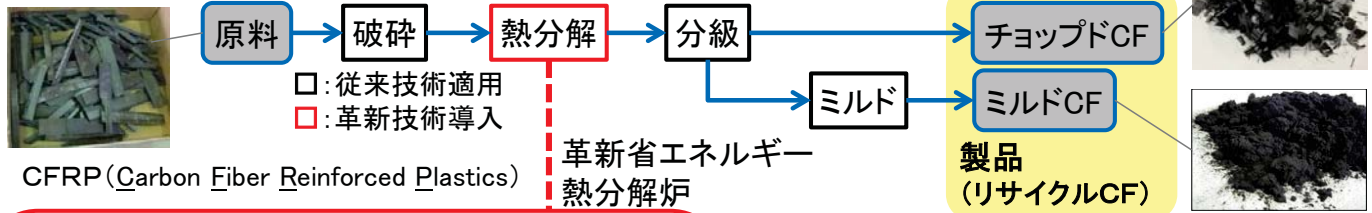


炭素繊維リサイクルの共同推進について



概要 : 熱分解法による炭素繊維リサイクルプロセスに関し、マトリックス樹脂の可燃性分解ガスを燃焼に再利用する「革新省エネルギー熱分解炉」を開発し、製造エネルギーの圧倒的な省エネを図る

プロセスフロー



両社で提案した「革新省エネルギー熱分解法による高効率リサイクル炭素繊維製造技術の開発」は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) による平成27年度「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」に採択されております。

米サウスカロライナ州新規事業用地での新設

米国サウスカロライナ州スパータンバーグ群の新規事業用地において、第1期として約500億円を投じ、プリカーサから焼成まで一貫の炭素繊維生産設備 (2,000t/年)、およびプリプレグ生産設備の新設を決定。

- ・2017年にプリカーサから順次生産を開始
- ・2019年にボーイング社向けプリプレグの供給開始の予定
- ・2020年までに、本投資を含め1,000億円規模を投じ、米国での炭素繊維複合材料事業の拡大を図る計画



ラージトウの世界需要は、風力発電翼用途向けに飛躍的な拡大が期待できる上、環境規制強化を背景に軽量化ニーズの高まっている自動車用途の伸長により、今後も年率15%を超える成長が見込まれる。同用途向けの旺盛な需要に対応すべく、Zoltekメキシコ工場の生産設備増強を決定。更に2020年までに現有能力を倍増する構想を掲げており、引き続きメキシコ工場の生産設備増強を順次実施していく計画。



風力発電翼



Zoltek メキシコ工場



自動車パネル

国際的な環境規制の強化を受け、自動車メーカーが燃料電池自動車（FCV）の開発を加速している中、トヨタ“MIRAI”（2014/12発売）・ホンダ“CLARITY”（2016/3発売）に東レが展開する炭素繊維材料が採用された。FCVの心臓部分である燃料電池スタックの電極基材には、東レが30年来開発をしてきたカーボンペーパーが採用されており、今後の更なる需要拡大に対応し量産化の検討を進めている。



トヨタ “MIRAI”

トレカ®
カーボンペーパー

ホンダ “CLARITY”

1. PAN系炭素繊維は日本が製造原理を発見し、日本が世界をリードして開発を推進して新市場を創出した革新素材。2015年 東レG が世界シェア5割を確保。
2. スポーツ用途では、トレカ™「T1100G」と新規ナノアロイ™マトリックス樹脂を組み合わせることで従来材対比コンポジットの強度が13%向上、弾性率が10%向上し、コンポジットにおける高強度と高弾性率の両立を実現させた。
3. 航空機では、中大型機を中心にオールコンポジット化が進んでおり、運航を開始した787機では低燃費が実証され、今後もこの傾向は加速すると考える。
4. 産業用途では、風力発電の伸び共に大型風車ブレード内部のスパ―適用、CNG圧力容器や電線(ケーブルコア)、海底油田用パイプ等の採用が増加。
5. 自動車用途では、CFRP適用した軽量化／性能とコストバランス／成形・生産性の向上が重要ポイントであり、開発を推進中。
6. ライフサイクル全体を俯瞰した環境インパクトを評価するシステム(LCA)の普及とともに「革新省エネルギー熱分解炉」開発を通じ、上手く炭素繊維を取り出し再生するリサイクルプロセス開発に取り組んでいる。
7. 直近の当社の動向として、米SC州での新設・Zoltekメキシコ工場での増設・燃料電池電極基材の増設など、事業化拡大を進めている。