

PAN系炭素繊維の現状と将来



東邦テナックス株式会社
取締役 営業部門長
神川 徹

1

本報告の内容

1. PAN系炭素繊維について
2. 需要動向
3. メーカー各社の生産能力
4. 用途別動向
5. 各社の動向
6. まとめと今後の課題

2

1. PAN系炭素繊維について
2. 需要動向
3. メーカー各社の生産能力
4. 用途別動向
5. 各社の動向
6. まとめと今後の課題

3

1. PAN系炭素繊維について

(1) PAN系炭素繊維とは

- ✓ 「有機繊維を焼成して得られる炭素含有率が90%以上の繊維」(ISO)
- ✓ 炭素繊維は大きく分けてPAN系とピッチ系の二種類
 - ・PAN系炭素繊維の原料は、ポリアクリロニトリル (PAN) 繊維
 - ・ピッチ系炭素繊維の原料は、コールタールピッチや石油ピッチ
- ✓ 炭素繊維1本は、直径5～15 μ mと非常に細く、通常は数千～数万本の束状で構成
- ✓ 単繊維の本数により、高い力学特性と品位が要求される用途に適したレギュラートウタイプ（一般に24,000本まで）と、より汎用的な ラージトウタイプ（一般に40,000本以上）に分類



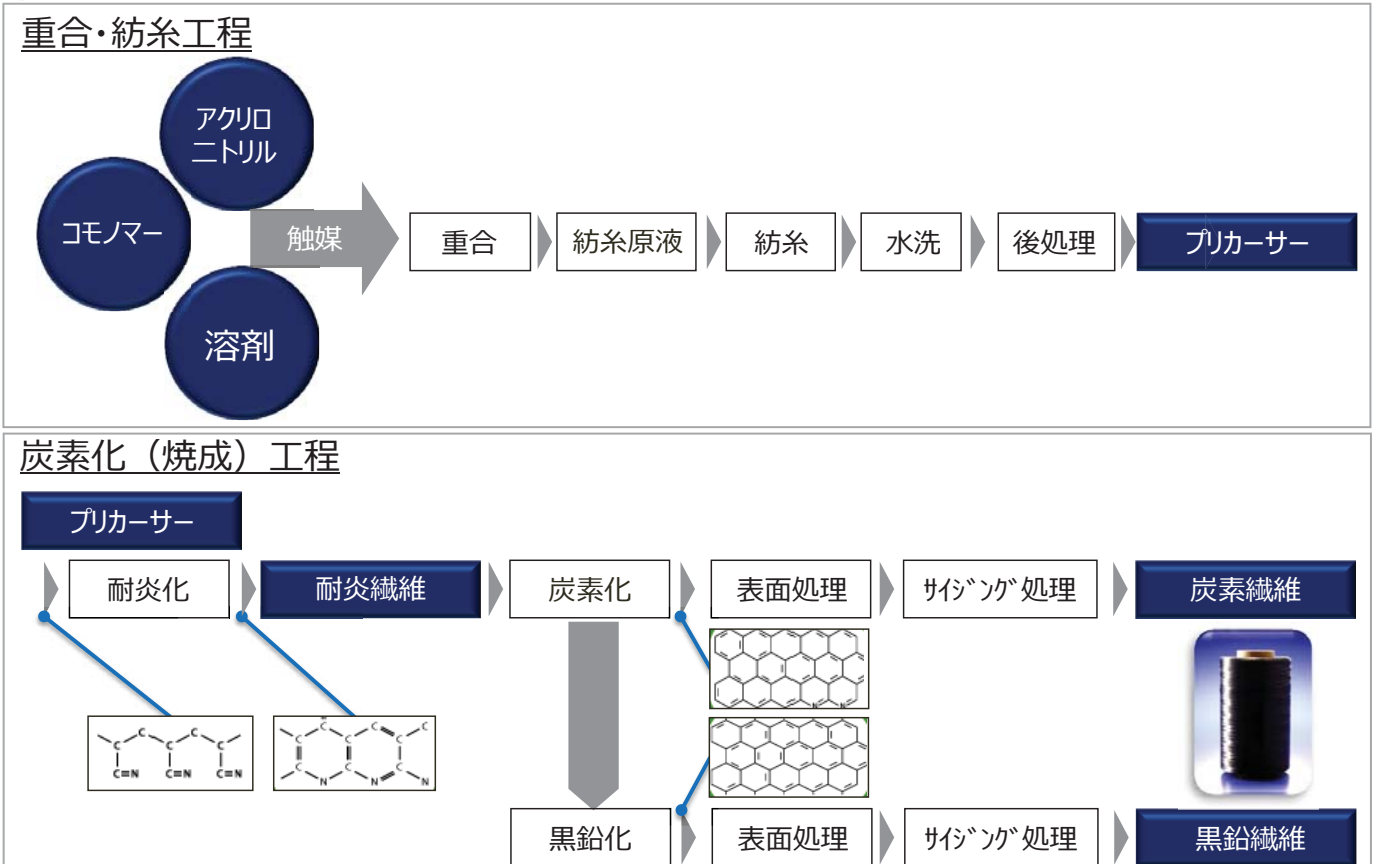
4

(2) 特長 - 軽くて、強い

- ✓ 炭素繊維は「軽く」て「強い」特長と、数多くの優れた特性を組み合わせ、様々な用途に適用
 - ・軽い・・・比重は鉄の約1/4（炭素繊維:1.8、鉄:7.8、アルミ:2.7、ガラス繊維:2.5）
 - ・強い・・・比強度（引張強度を比重で割った値）は鉄の約10倍
 - ・・・比弾性（引張弾性率を比重で割った値）は鉄の約7倍
 - ・その他の優れた特性
 - 耐疲労性、耐薬品性、高振動減衰性、低熱膨張率、
 - 耐食性、導電性、摩擦特性、X線透過性、など

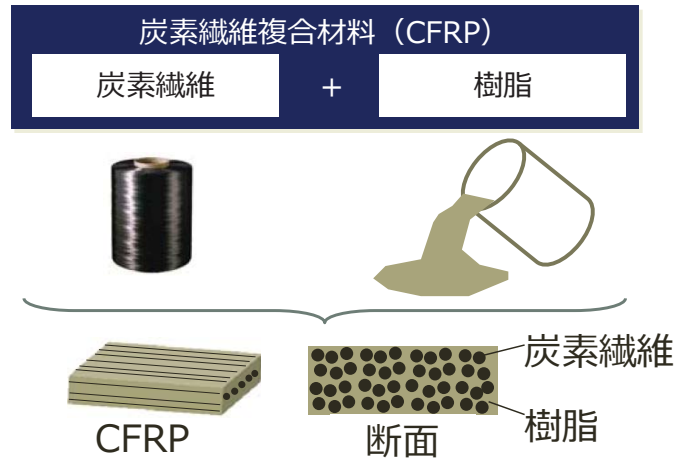


(3) 製造方法



(4) 炭素繊維強化プラスチック

- ✓ PAN系炭素繊維はマトリックス樹脂と組み合わせ強化プラスチック (CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics)として使われ、その特性を発現



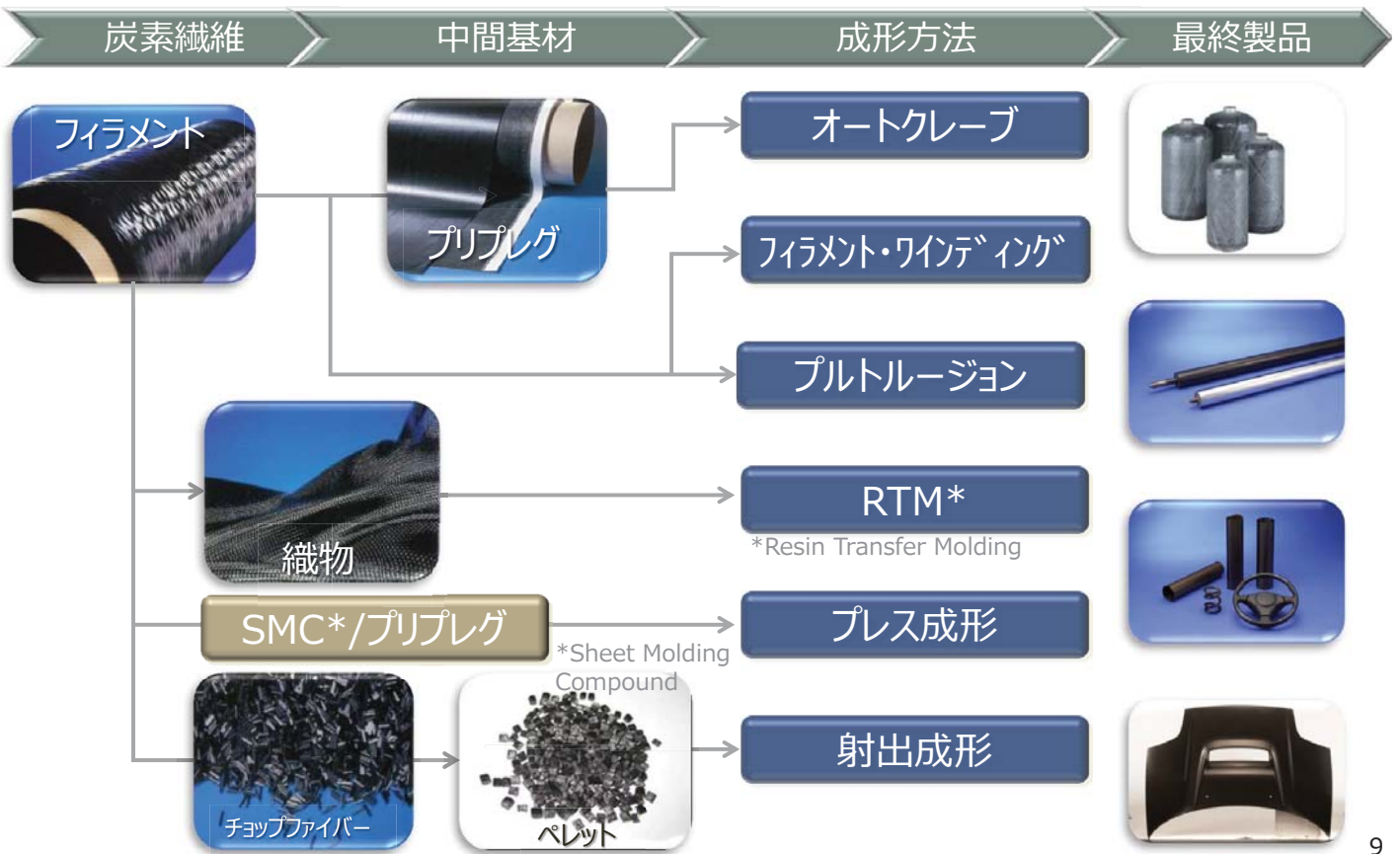
- ✓ マトリックス樹脂はCFRPの強靱性、耐候性、耐食性、難燃性、など多くの重要な特性を決定

(4) 炭素繊維強化プラスチック

- ✓ 組み合わせる樹脂は大きく分けて熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂の2種類
- ✓ 熱可塑性樹脂を用いた場合、熱硬化性樹脂と区別する意味でCFRTP (Carbon Fiber Reinforced **Thermo**-Plastics) と呼ぶことがある
- ✓ 現在はエポキシ樹脂を代表とする熱硬化性樹脂が主流
- ✓ 熱可塑性樹脂は、熱硬化性樹脂と比べて成形時間が大幅に短縮でき、リサイクルも容易なため、今後の利用拡大が見込まれる

	樹脂種類・特徴	成形時間
熱硬化性樹脂 複合材料	熱硬化性樹脂 (加熱により硬化)	数分～数時間
熱可塑性樹脂 複合材料	熱可塑性樹脂 (加熱すると軟化)	約1分

(5) 最終製品になるまで - 中間基材と成形方法



(5) 最終製品になるまで - 成形方法の特徴と用途例

目的に応じて最適な方法を選定

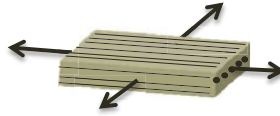
成形方法	基材	生産性	物性	特徴	代表用途例
オートクレーブ	プリプレグ	×	◎	少量生産 高い物性 大型部材	 航空機部材
フィラメント・ワインディング	フィラメント	○	○	円筒形状 中量生産 高い物性	 圧力容器
プルトルージョン	フィラメント	○	○	単一断面 長尺部材 高い物性	 電線のコア
RTM	織物	○	○	複雑形状 中量生産 高い物性	 自動車部材
プレス成形	プリプレグ	△	○	板・箱状 中量生産	 X線診断装置用天板
	SMCシート	◎	△	複雑形状 大量生産	 自動車部材
射出成形	ペレット	◎	×	複雑形状 大量生産 小型部材	 パソコン筐体

1. PAN系炭素繊維について

(5) 最終製品になるまで - 異方性と層構造のコントロール

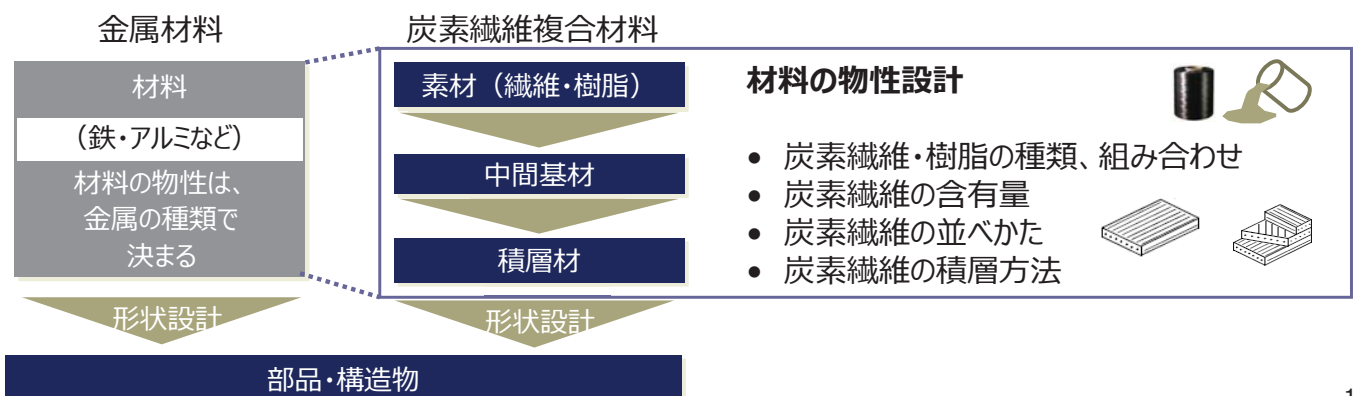
- ✓ 炭素繊維複合材料は異方性・層構造を持ち、金属材料は等方性・均質構造

異方性 : 繊維方向と繊維と直角方向で物性が全く異なる



層構造 : 製品の要求特性により構造を変えることができる
(金属材料の物性は金属の種類のみで決まる)

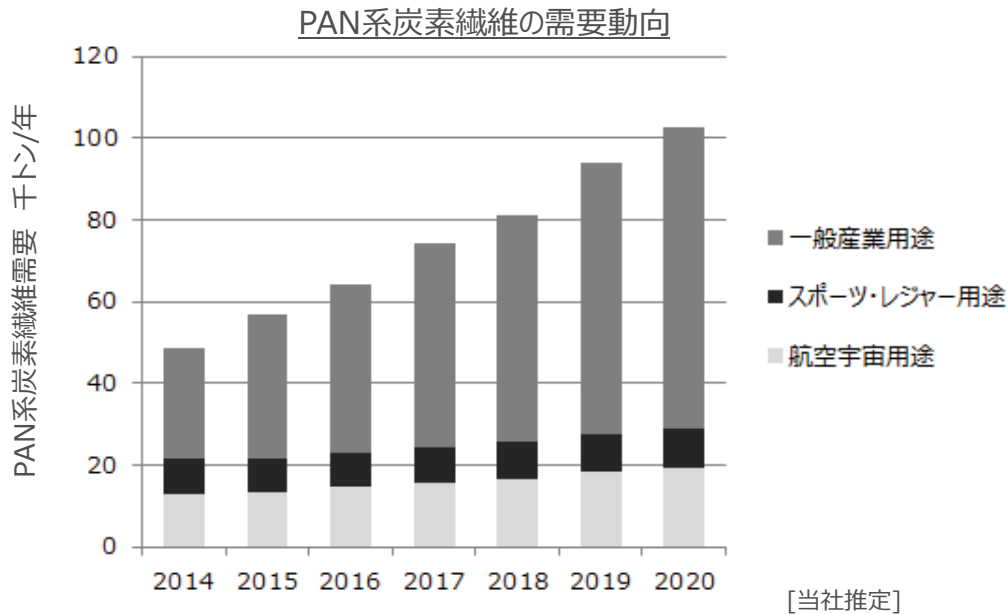
- ✓ 異方性・層構造を有する炭素繊維複合材料は必要な物性・特性を持たせるために、部品・構造としての設計に加えて、材料の物性設計が必要



11

1. PAN系炭素繊維について
2. 需要動向
3. メーカー各社の生産能力
4. 用途別動向
5. 各社の動向
6. まとめと今後の課題

- ✓ 2017年に約7万トン、2020年には約10万トンに、年平均成長率約10-15%で拡大すると予想
- ✓ 航空機用途において、機体にCFRPを大量に使用する機種が生産本格化や、環境・エネルギー用途における風力発電の拡大、圧力容器向け需要の増加などが成長を牽引



1. PAN系炭素繊維について
2. 需要動向
3. メーカー各社の生産能力
4. 用途別動向
5. 各社の動向
6. まとめと今後の課題

3. メーカー各社の生産能力

- ✓ 各社、増設再開・更なる生産能力拡大を計画、2016年末の生産能力は、およそ12万トンに達すると推定

[千トン；公称生産能力および当社推定]

	メーカー	2016	2017	2018
レギュラートウ	東邦テナックス(帝人)	12	12	12
	東レ	27	29	29
	三菱ケミカル	9	9	9
	Hexcel	7	8	10
	Solvay	4	4	4
	台湾プラスチック	9	9	9
	Dow Akxa	4	4	4
	暁星	3	3	3
	新興国メーカー*	12	14	15
	ラージトウ	Zoltek(東レ)	16	18
三菱ケミカル		3	5	6
SGL(含SGL ACF)		15	13	13
	総計	119	127	135

*中国メーカーが主

15

1. PAN系炭素繊維について
2. 需要動向
3. メーカー各社の生産能力
4. 用途別動向
5. 各社の動向
6. まとめと今後の課題

16

4. 用途別動向

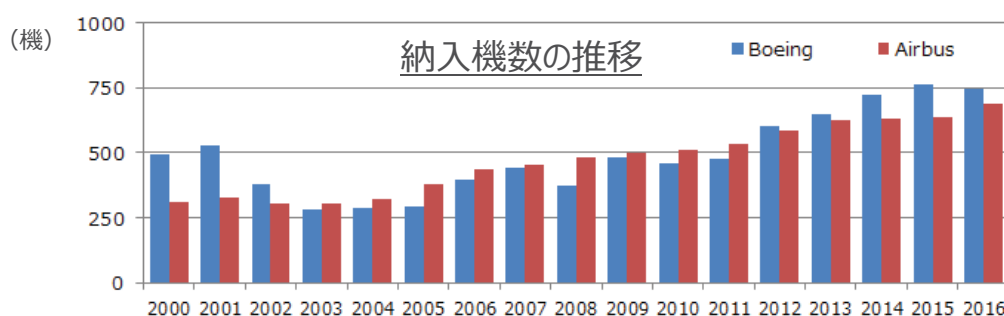
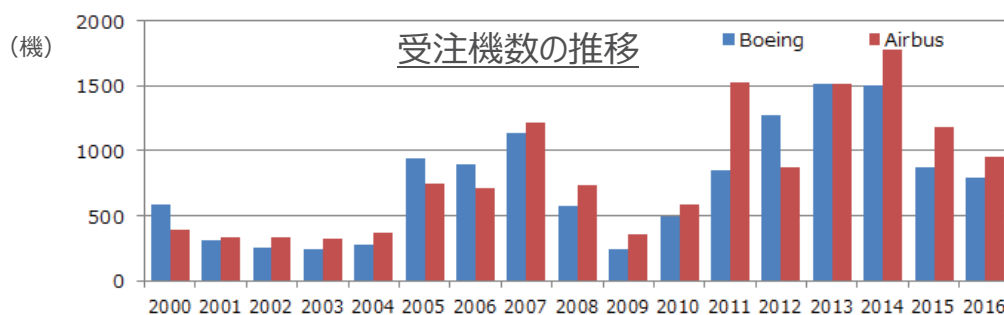
代表的用途



4. 用途別動向

(1) 航空機用途 – 民間航空機の受注状況

- ✓ 民間航空機需要は、世界的な旅客増、航空貨物の増加、燃費効率の良い新型機への置き換え需要などに支えられ、拡大を続けている
- ✓ 2015年以降、受注機数はやや低下しているが、納入機数はボーイング社、エアバス社共に年間700機程度の高い水準であり、引き続き拡大傾向

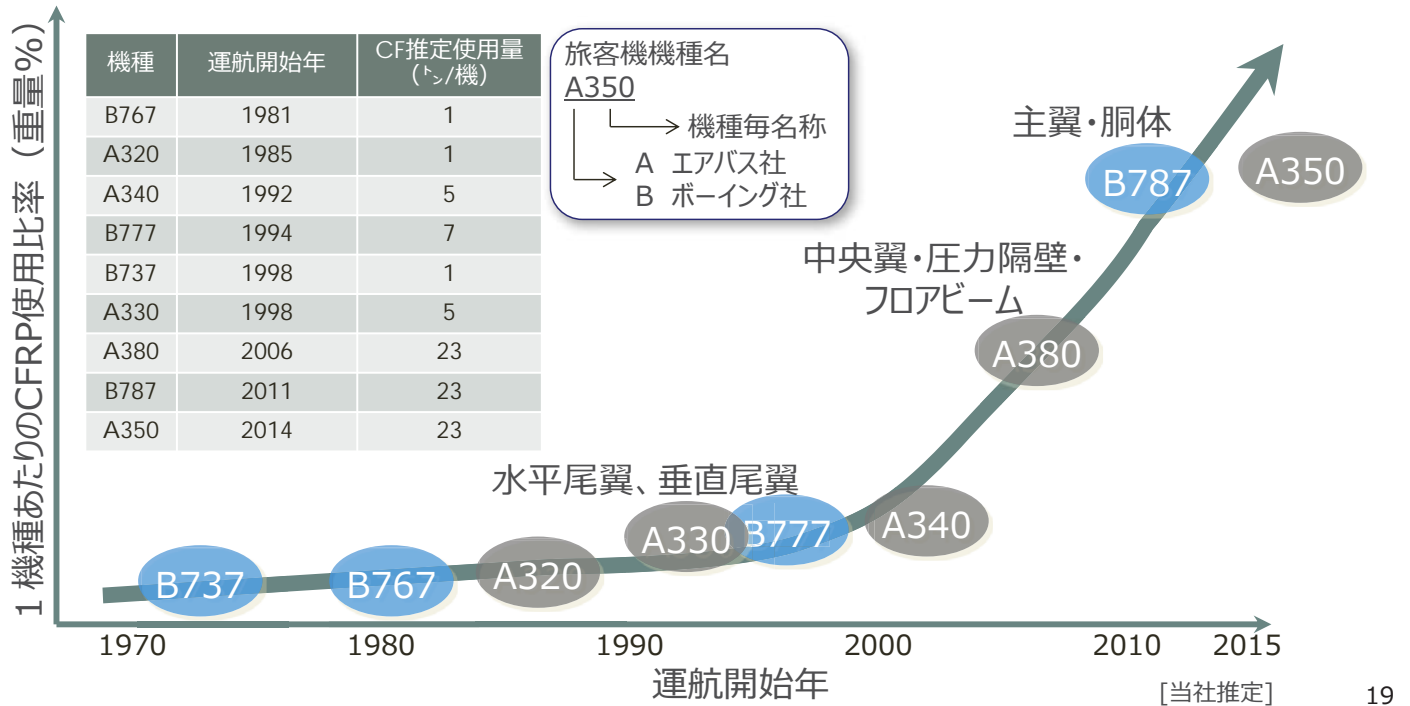


[出典：日本航空機開発協会データより作成]

4. 用途別動向

(1) 航空機用途 – 1機種あたりのCFRP使用比率

- ✓ '81年に二次構造材としてB767に初採用、'85年に一次構造材としてA320の垂直尾翼に初採用されて以来、1機種あたりのCFRP使用比率は増加を続ける
- ✓ 特に、A380以降大幅に増加し、B787やA350では機体構造重量の約50%に達した

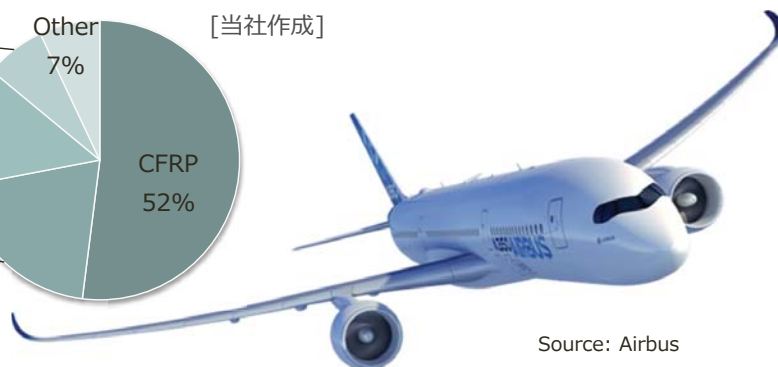
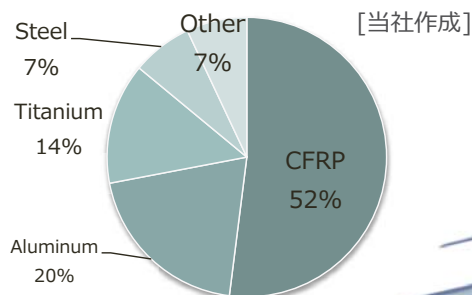


19

4. 用途別動向

(1) 航空機用途 – A350におけるCFRP採用部位

主翼、胴体部分を中心に機体構造重量の約50%にCFRPが使用されている

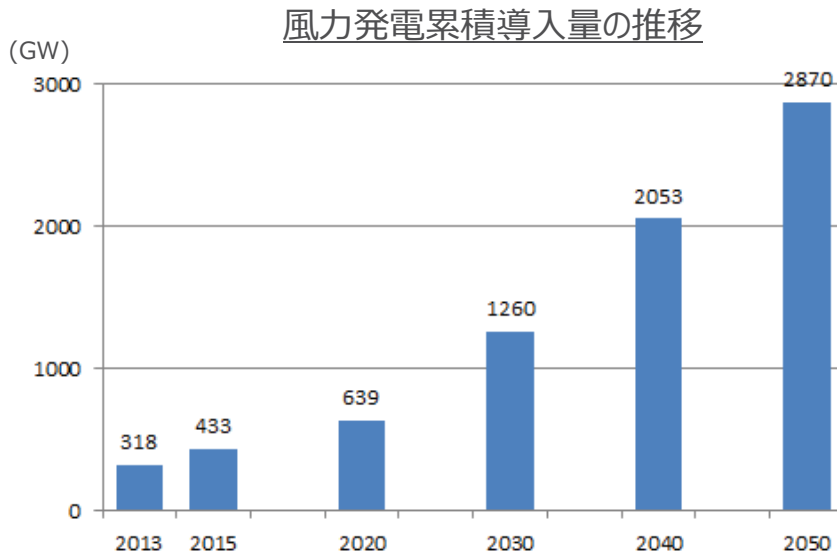


20

(2) 風力発電 - 導入量の推移

- ✓ 世界的な原子力政策の見直しや温暖化ガス排出削減といった社会のニーズを満たすため、全世界の風力発電導入量は増加傾向
- ✓ 累積導入量は約430GWに達し、風力発電は今後も40GW*/年超で成長すると期待される

*風車出力5MW/機 8,000機相当



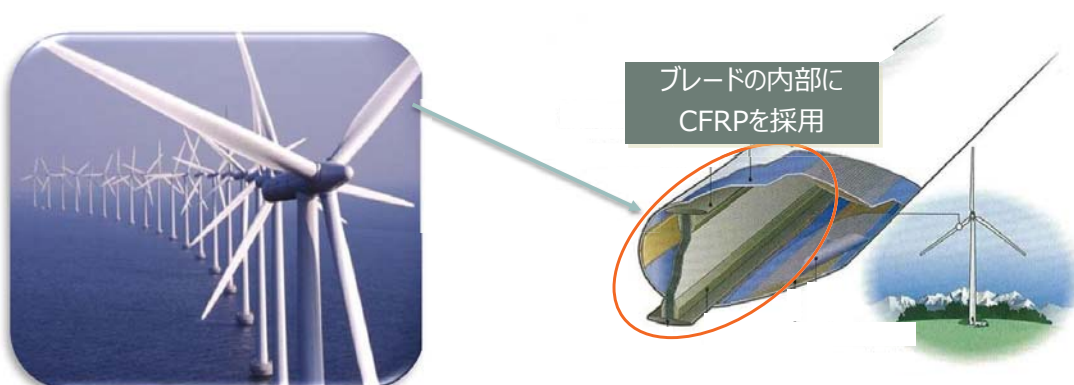
[出典：GWEC(Global Wind Energy Council)データより作成]

21

4. 用途別動向

(2) 風力発電 - 大型化とCFRP

- ✓ 発電量の増加に伴い、風車の大型化が進んでいる
- ✓ 発電量を2倍にする場合、風車の直径は1.4倍に対して重量は2.8倍となる
- ✓ 各部材の軽量化が無ければ、大型化は逆にマイナスとなる可能性を有し、軽量化の手段として、CFRPが適用されている
- ✓ 風力発電の成長、大型化により、炭素繊維需要は更に拡大すると期待される



22

(3) 圧力容器 - 圧力容器の種類

- ✓ 圧力容器は、ライナー・補強材の種類、補強部位によって、4種類に分類される
- ✓ 炭素繊維を大量に使用するのは、Type-3とType-4

種類	ライナー	補強材	重さ	コスト	主用途
Type-1	スチール	なし	0.8 - 1.3Kg/L (100%)	\$5/L (100%)	工業ガス、 天然ガス自動車
Type-2	スチール (アルミ)	側面（胴部）のみ補強 ガラス繊維 (炭素繊維)	0.7 - 0.9Kg/L (60 - 70%)	\$7.5/L (150%)	工業ガス、 天然ガス自動車、 水素ステーション（開発中）
Type-3	アルミ	全面補強 炭素繊維 (ガラス繊維)	0.3 - 0.45Kg/L (30 - 40%)	\$15/L (300%)	工業ガス、天然ガス自動車、 SCBA*、燃料電池自動車、 水素ステーション（開発中）
Type-4	プラスチック	全面補強 炭素繊維/ガラス繊維	0.2 - 0.3Kg/L (25 - 30%)	\$15/L (300%)	工業ガス、天然ガス自動車、 燃料電池自動車、 水素ステーション（開発中）

[当社作成]

*SCBA(Self-Contained Breathing Apparatus)

23

4. 用途別動向

(3) 圧力容器 - 需要動向

- ✓ 欧米で天然ガス車の普及にともない、低燃費化のためType-3/Type-4の使用比率が高まると予想
- ✓ 米国で天然ガス関連市場の活発化にともない、パイプライン敷設が経済的に適さない小規模ガス田から、天然ガス自体を運搬するための大型コンポジットタンクの需要が増加
- ✓ 燃料電池自動車向けの車載用圧縮水素タンク、水素ステーション向けの蓄圧大型タンク分野でも今後、炭素繊維の需要拡大が期待
- ✓ 消防士などが使用するSCBA(Self-Contained Breathing Apparatus:呼吸器用酸素タンクなど)でも炭素繊維が使用されており、今後も堅調に推移すると予測

運搬用大型タンク



呼吸器用酸素タンク

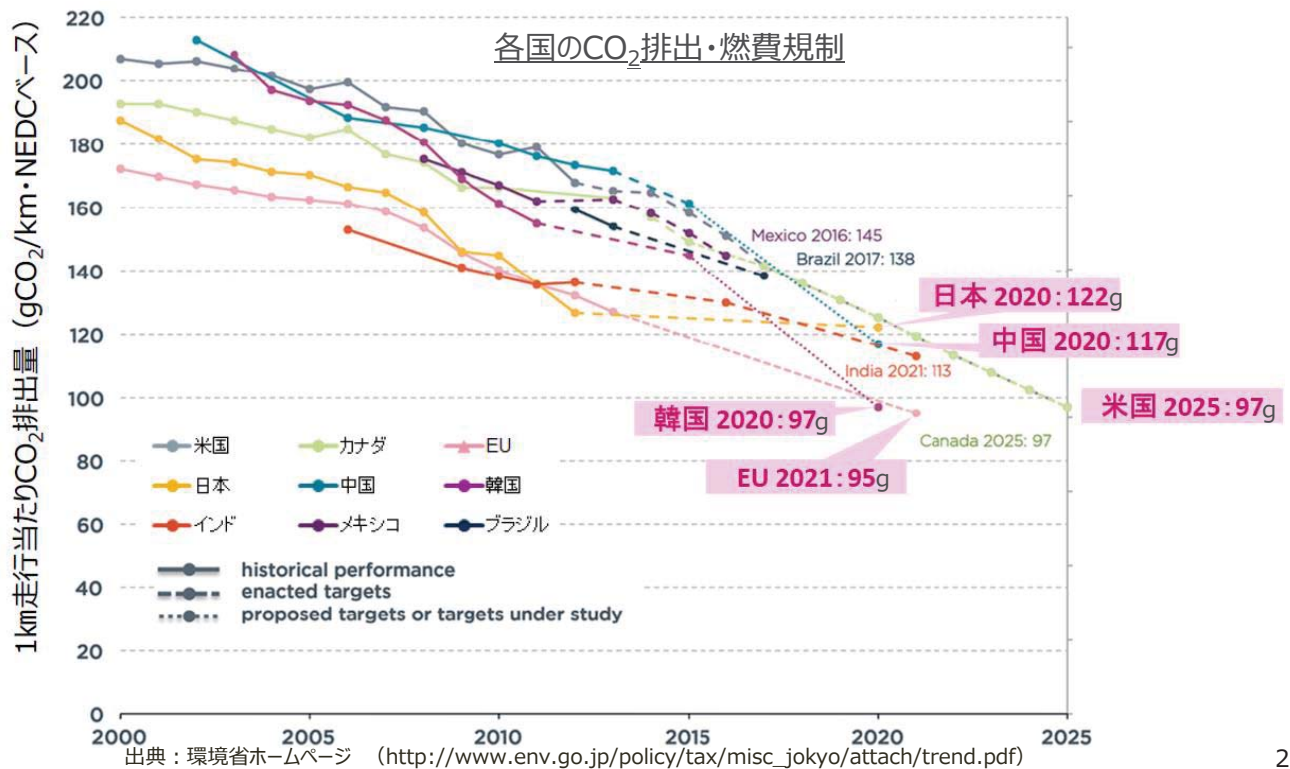


[出典 Hexagon Lincoln <http://hexagonlincoln.com>]

24

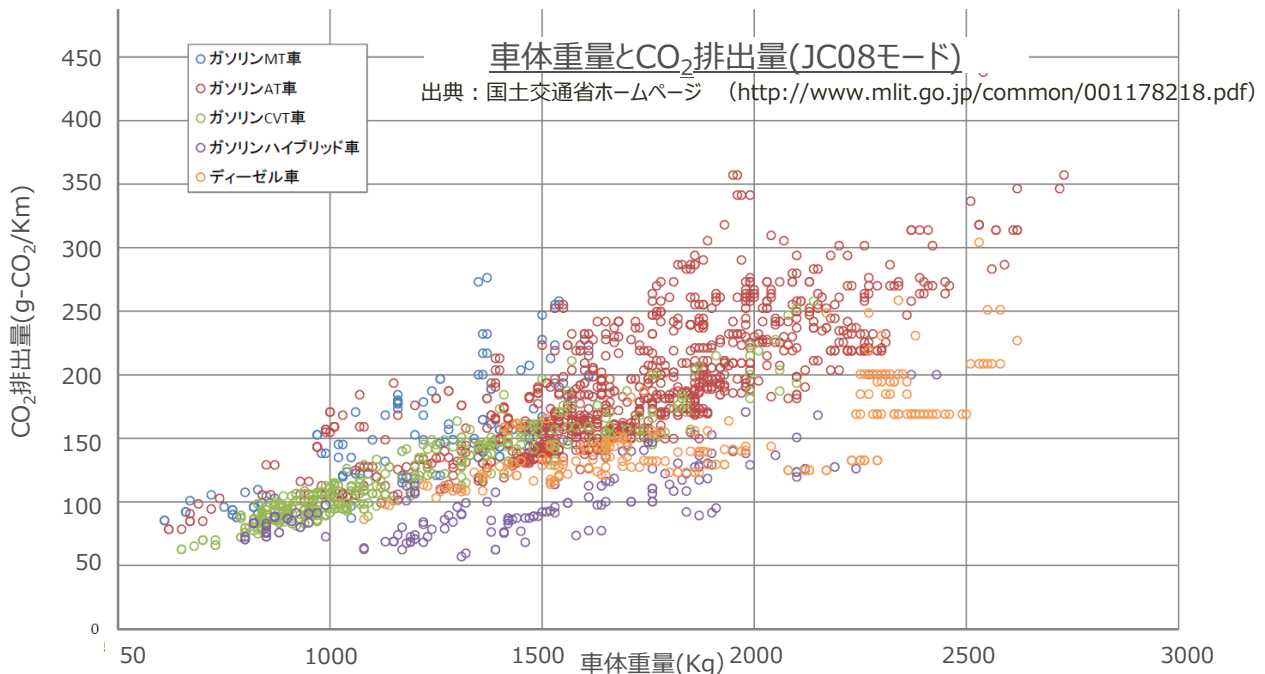
(4) 自動車用途 - 各国のCO₂排出・燃費規制

- ✓ 各国は、地球温暖化問題への対応強化を目的に自動車の排出・燃費規制を強化
- ✓ 自動車メーカー各社は、規制クリアに向け、低燃費技術、車体の軽量化などあらゆる技術の開発を急ぐ



(4) 自動車用途 - 軽量化によるCO₂排出削減と低燃費化の効果

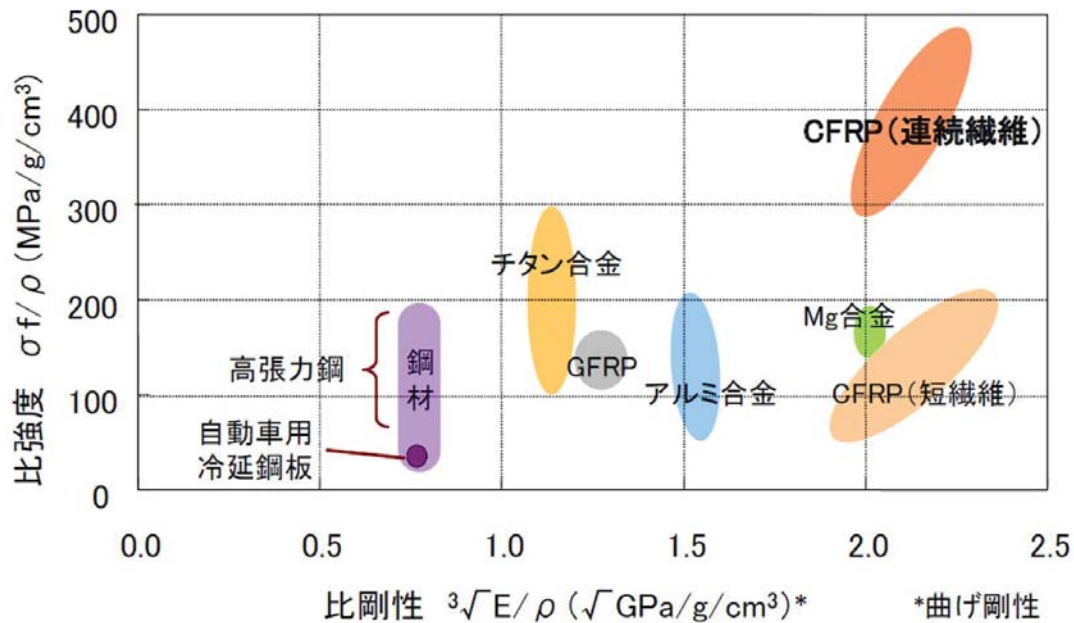
- ✓ 車両の軽量化はCO₂排出量削減と低燃費化へ大きく貢献
- ✓ 軽量化はICE, HEV, PHV, EV, FCV等、あらゆる車両に共通する課題
 電動車 = 電費向上と電池削減に直結
- ✓ 衝突試験強化・快適装備や、電動化・自動運転等に伴い車両重量はこのままでは大きく増加してしまう



4. 用途別動向

(4) 自動車用途 - 自動車材料の比強度と比剛性

- ✓ 下記の素材は、物性（成形方法、コスト）が大きく異なる
- ✓ 自動車は今後、鉄・アルミ・複合材を適材適所で用いたマルチマテリアル車体の方向に進むと予想



27

4. 用途別動向

(4) 自動車用途 - CFRP採用事例

- ✓ CFRPを使用している車種は着実に拡大
- ✓ CFRP専用設計の車体⇒ アルミ+CFRP車体⇒ 一般的な鋼板+アルミ車体へCFRPの部分適用
- ✓ 成形時間の短縮、端材の利用、異方性設計の導入



	2009	2013		2014		2016
OEM's	Lexus	Lamborghini	VW	Alfa Romeo	BMW	BMW
Model	LFA	Avendador	XL-1	4C	i3 / i8	7 series
	500台	1000台	1000台(限定)	2500台	30000台	60000台
	モノコック				アルミ台車+CFRPキャビン	一般的な量産車の構造
複合材成形方法	LP-RTM	LP-RTM	HP-RTM	AC*	HP-RTM	HP-RTM
	AC*	AC*	AC*		Liquid molding	Liquid molding
	Brading				Brading	Brading
	SMC					
アルミ	押出・ダイカスト(前後)	押出・ダイカスト(前後)	押出・パイプ(前後)	押出・パイプ(前後)	押出・ダイカスト(メイン)	ダイカスト
鋼板					プレス(小)	プレス(メイン)

[当社作成]

*オートクレーブ (Auto Clave; AC)

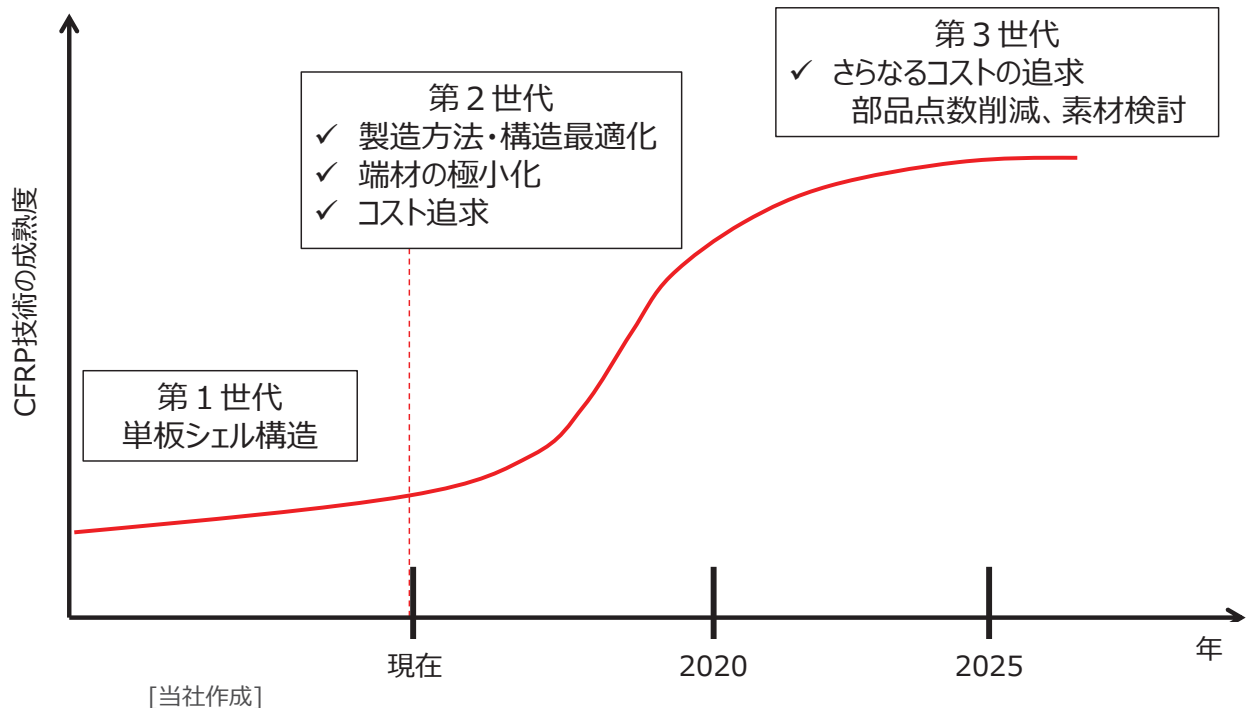
28

4. 用途別動向

(4) 自動車用途 - 現在～今後のCFRP開発

現在の開発 キーワード：

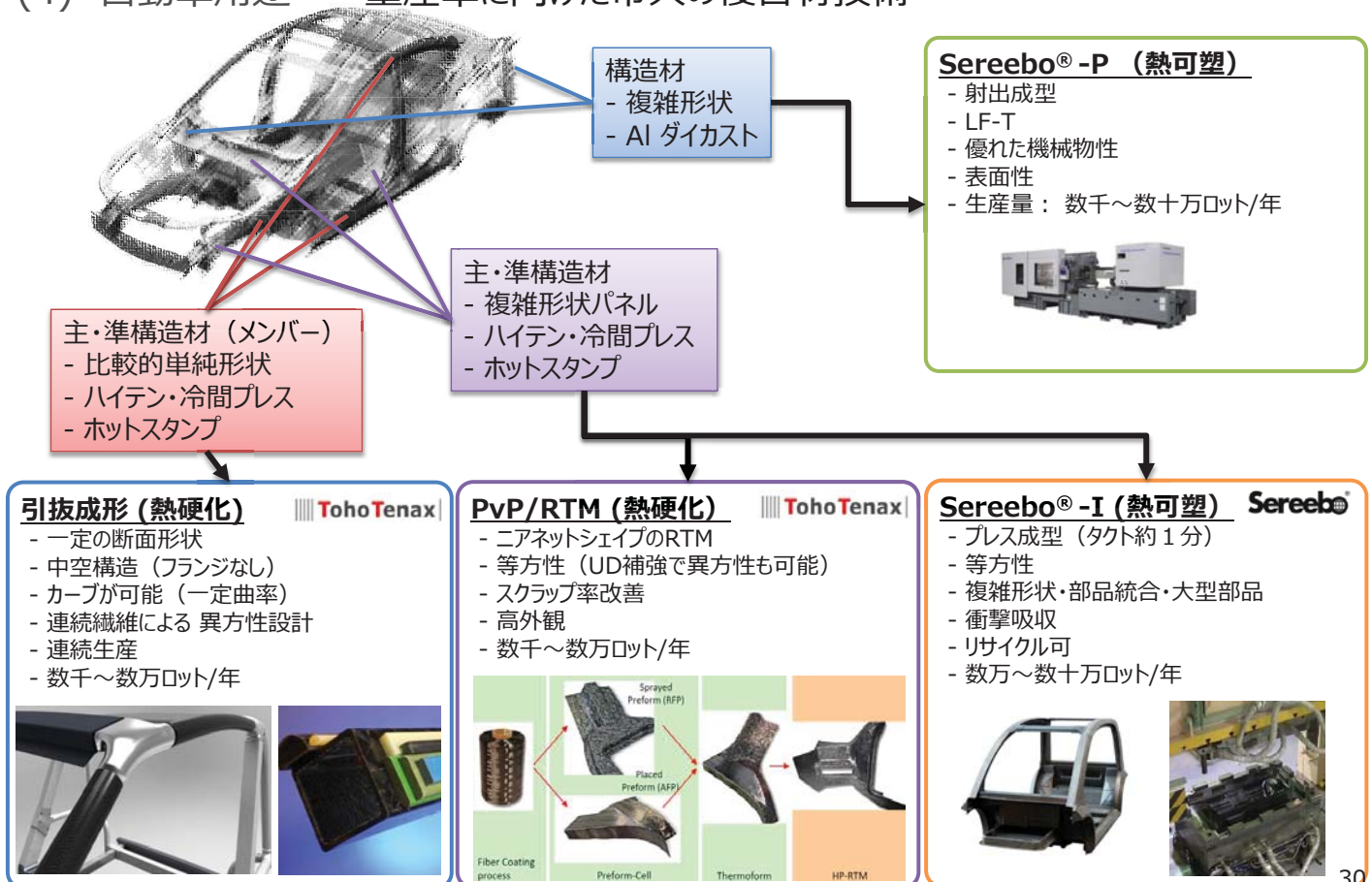
適材適所、端材の極小化、構造合理化、完全閉断面、接合技術 など



29

4. 用途別動向

(4) 自動車用途 - 量産車に向けた帝人の複合材技術

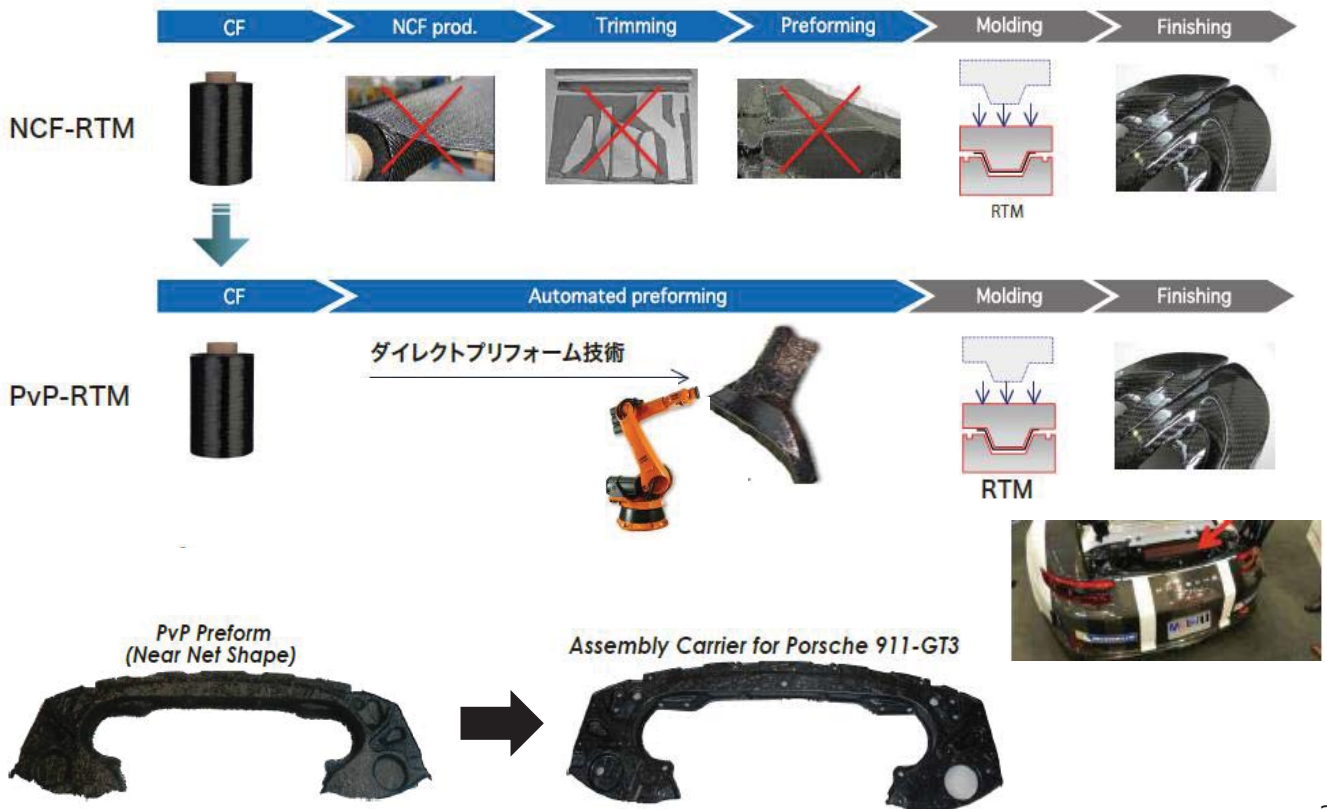


30

4. 用途別動向

(4) 自動車用途 - PvP(Part via Preform/HP-RTM) 熱硬化CFRP

✓ ダイレクトプリフォームにより、中間工程・加工費用・材料ロスを低減



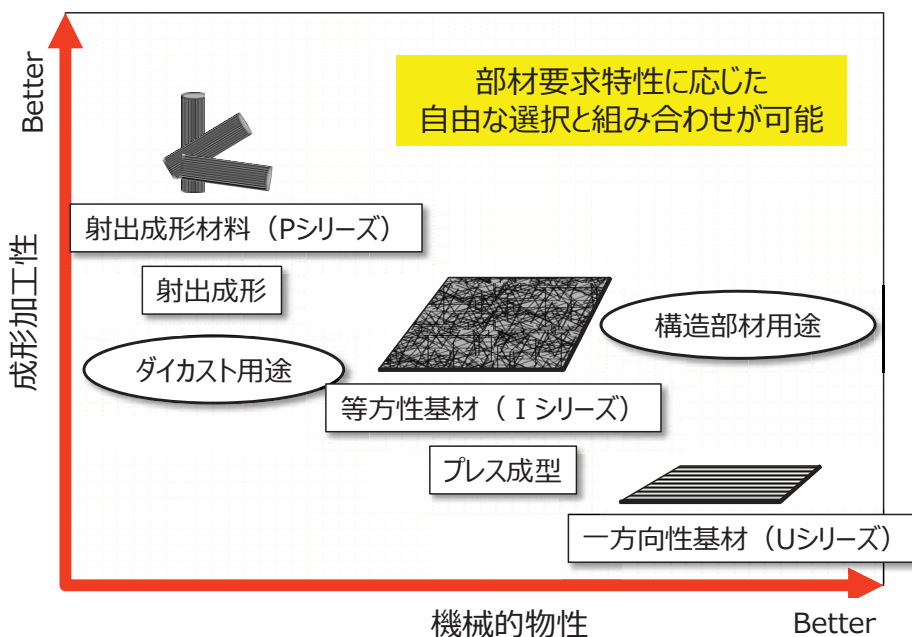
31

4. 用途別動向

(4) 自動車用途 - Sereebo(セリーボ) 熱可塑CFRP

Sereebo® (セリーボ)

Save the earth, revolutionary & evolutionary carbon

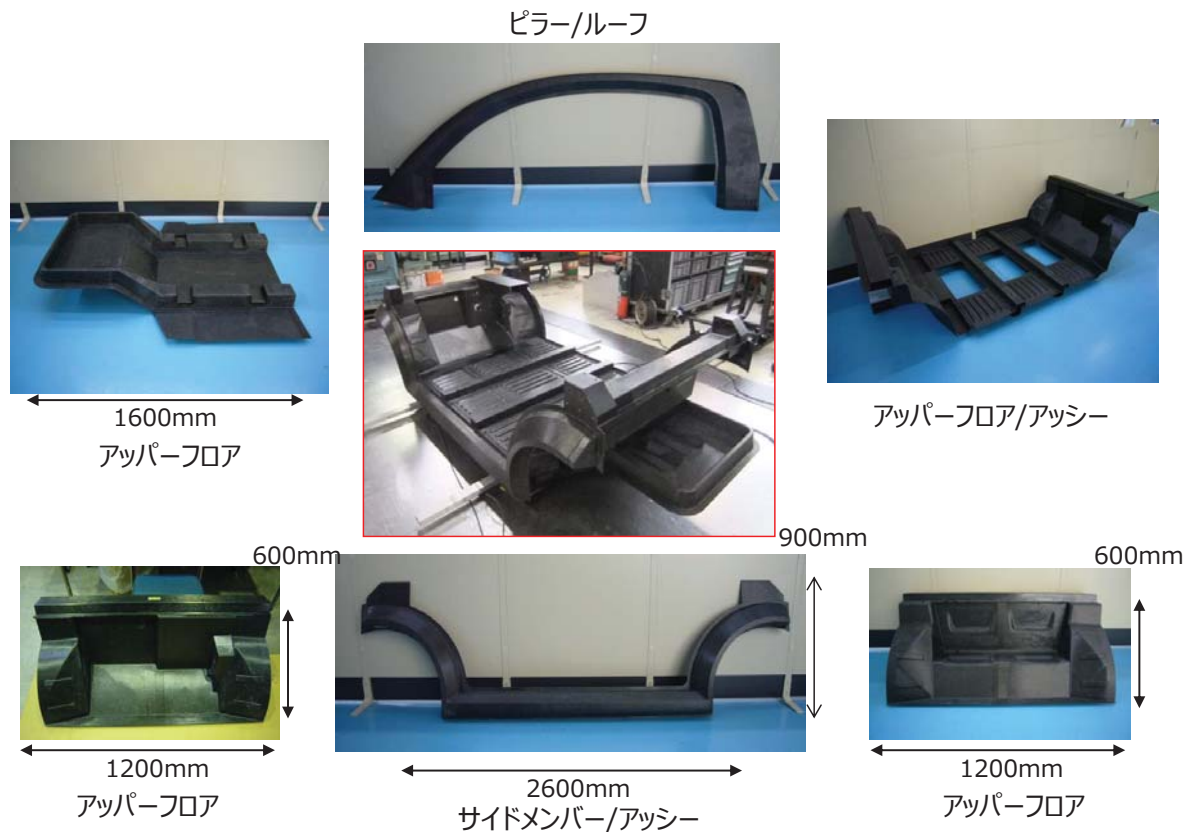


32

4. 用途別動向

(4) 自動車用途 – Sereebo(セリーボ)プレス成形による部品例 帝人のコンセプトカー

- ✓ 構造一体化・部品統合による軽量化/高剛性化・プロセス低減・NV向上



33

4. 用途別動向

(5) 鉄道台車用途

従来に比べて台車重量を1車両あたり約900kg軽量化することが可能

- ✓ 車両のランニングコストを低減し、CO2排出量の削減に貢献
- ✓ 輪重抜け（車輪1輪にかかる垂直方向の荷重が極端に小さくなること）を大幅に低減でき、安全性向上に貢献



新世代台車



CFRP製バネ

34

4. 用途別動向

(6) スポーツ・レジャー - 身近なところで活躍



用途例

バドミントン/テニスラケット
釣竿、ゴルフシャフト
アイスホッケースティック
自転車フレーム
ビリヤードキュー
スキー板、ポール、
スノーボード、アーチェリー
ヘルメット、など

35

4. 用途別動向

(6) スポーツ・レジャー - 需要動向

- ✓ 炭素繊維市場の成長を長年支え、また、その厳しい要求“高強度化、高弾性化、高度な加工性”が炭素繊維の技術基盤を育成してきた
- ✓ 従来からの主用途、ゴルフ、ラケット、釣竿、自転車用途向けは堅調に推移すると予想
- ✓ Eバイク（電気アシスト自転車）は、ヨーロッパ、アジア地域を中心としてここ数年急成長
今後、Eバイク部品としてフレーム等への炭素繊維適用拡大を期待

36

4. 用途別動向

(7) その他の用途-1

用途	使用箇所（例）
自動二輪車	レース用カウル、マフラーカバー、フレーム
車両・コンテナ	鉄道車体、座席、台車
機械部品	ロボットアーム、板ばね、軸受、ギア、カム、ベアリングリテーナー
高速回転体	遠心分離器ローター、フライホイール、工業用ローラー、シャフト
電子電機部品	パラボラアンテナ、音響スピーカー、DVD/C D 装置部品、ICキャリアー

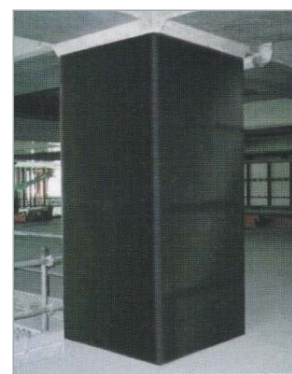


37

4. 用途別動向

(7) その他の用途-2

用途	使用箇所（例）
海底油田掘削	ライザー、テザー、パイプ類
化学装置	攪拌翼、パイプ、タンク、グレーチング
医療機器	天板、カセット、X線グリッド、手術用部品、車椅子、人工骨
土木建築	ケーブル、コンクリート補強材
OA・事務機	プリンターの軸受、カム、ハウジング
その他	樹脂型、洋傘、ヘルメット、面状発熱体、眼鏡フレーム、カメラ部品、ポンプ部品



38

1. PAN系炭素繊維について
2. 需要動向
3. メーカー各社の生産能力
4. 用途別動向
5. 各社の動向
6. まとめと今後の課題

5. 各社の動向

(1) 生産能力拡大

- ✓ ハイプレッシャーRTM成形機を導入し、プリフォームの自動製造プロセス(PvP) を組み合わせることで、CFRPの一貫生産体制を構築（東邦テナックス）
- ✓ Carbon Magic (Thailand)Co., Ltd. 新工場の開所式を開催（東レ）
- ✓ コストと性能のバランスに優れるレギュラートウ炭素繊維の新品種を開発し、量産化に向けた焼成設備をZoltekのメキシコ工場内に新設することを決定（東レ）
- ✓ 大竹事業所において追加設備投資を実施し、ラージトウ炭素繊維の年間生産能力を現在の2,700トンから3,900トンに増強することを決定（三菱ケミカル）
- ✓ SGL Groupの米国における炭素繊維製造拠点であるSCF社の買収決定（三菱ケミカル）
- ✓ 米国サウスカロライナ州の炭素繊維新ライン稼働開始（Solvay）

当社の直近の動向

約350億円を投じて、米国サウスカロライナ州グリーンウッド郡 に炭素繊維製造ラインを新設
三島事業所内におけるプリカーサの生産能力増強を決定
工場稼働時期 2020年度中（予定）

(2) 次世代技術の開発

- ✓ 「NEDO」実施の「革新的新構造材料等研究開発」の成果として、「マイクロ波による炭素化技術」と「プラズマによる表面処理技術」の開発に成功（東邦テナックス）
- ✓ オープンモールド型に炭素繊維などの繊維強化プラスチック(FRP)を直接積層することができる「ファイバー to コンポジット (F to C) 成形プロセス」を開発（東邦テナックス）
- ✓ 次世代の航空宇宙用途向けに引張強度と耐衝撃性を従来材対比30%向上させた、世界最高性能のトレカ®プリプレグを開発（東レ）
- ✓ 高性能炭素繊維を創出するための革新プロセス開発設備の導入を決定（東レ）
- ✓ 英政府支援の航空機・自動車構造材研究開発プロジェクト (MAXIM, 4年) を開始、低コストCFRPの成形方法確立を目的（Hexcel）

[出典：各社プレスリリース（2016年～2017年）より作成]

41

(3) リサイクルの技術と仕組みの確立

- ✓ リサイクル素材を使用したCFRTPとして「テナックス」Eコンパウンド rPEEK CF30を開発（東邦テナックス）
- ✓ 豊田通商と共同で炭素繊維リサイクルの取り組みを推進（東レ）
- ✓ Carbon Conversions社 (CFリサイクルメーカー) へ出資（Hexcel）

[出典：各社プレスリリース（2016年～2017年）より作成]

42

(4) 自動車用途への注力

- ✓ 自動車の軽量化や生産工程の効率化などを目的とした技術開発促進プロジェクト「iComposite 4.0」に参画（東邦テナックス）
- ✓ トヨタ自動車の燃料電池バスに炭素繊維材料を使用したルーフカバー採用（東邦テナックス）
- ✓ 本田技研工業の新型燃料電池自動車（CLARITY FUEL CELL）に炭素繊維材料が採用（東レ）
- ✓ 自動車エンジニアリング事業を手掛ける東京アールアンドデーに資本参加することを決定（東レ）
- ✓ ランボルギーニ社と、自動車用炭素繊維複合材分野における共同開発を検討する旨の基本合意書を締結（三菱ケミカル）
- ✓ トヨタ自動車から発売された新型「プリウスPHV」のバックドアの骨格に炭素繊維材料が採用（三菱ケミカル）
- ✓ トヨタ自動車から発売されたレクサスの新型ラグジュアリークーペ「LC500」「LC500h」のドアインナー及びラゲッジインナーに炭素繊維材料が採用（三菱ケミカル）
- ✓ Mubea社と自動車向け炭素繊維材料の供給契約締結（Hexcel）
- ✓ 英国メーカー8社と自動車向け熱可塑性部材共同開発体設立（SGL）
- ✓ BENTELER社（自動車部品メーカー）と設立のJV（BENTELER-SGL）のBENTELER社持分取得（SGL）

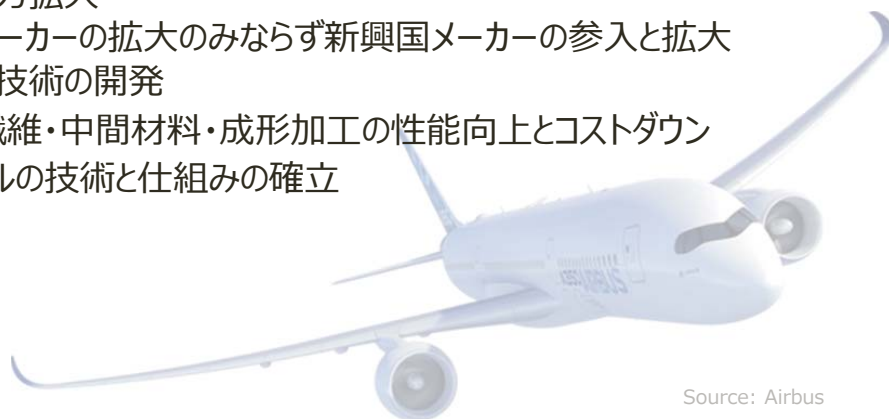
[出典：各社プレスリリース（2016年～2017年）より作成]

43

1. PAN系炭素繊維について
2. 需要動向
3. メーカー各社の生産能力
4. 用途別動向
5. 各社の動向
6. まとめと今後の課題

- (1) 市場環境
 - ✓ 市場拡大
主要用途の堅調な成長：航空機、風力発電、圧力容器
自動車用途の大きな成長機会
 - ✓ 要求される性能の高度化
高強度、高弾性、高加工性
 - ✓ コストダウンへのニーズ
金属とのコスト比較

- (2) 炭素繊維メーカー各社の対応
 - ✓ 生産能力拡大
日系メーカーの拡大のみならず新興国メーカーの参入と拡大
 - ✓ 次世代技術の開発
炭素繊維・中間材料・成形加工の性能向上とコストダウン
 - ✓ リサイクルの技術と仕組みの確立



Source: Airbus