



＜第33回複合材料セミナー＞

PAN系炭素繊維の現状と将来

2020年2月21日

東レ株式会社 複合材料事業本部

トレカ事業部門長

酒田 彰久

内容

1. 炭素繊維の歴史
2. 市場概況
3. トピックス
 - (1) モビリティ(航空機)
 - (2) モビリティ(自動車)
 - (3) エネルギー
 - (4) ライフクオリティ(スポーツ)
 - (5) サステナビリティ
4. まとめ

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。

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

Copyright © 2019 Toray Industries, Inc.

TORAY

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	“レギュラートウ”織物  東レT700S-12K／330gsm	“ラージトウ”織物  Zoltek(50K)／330gsm

Copyright © 2019 Toray Industries, Inc.

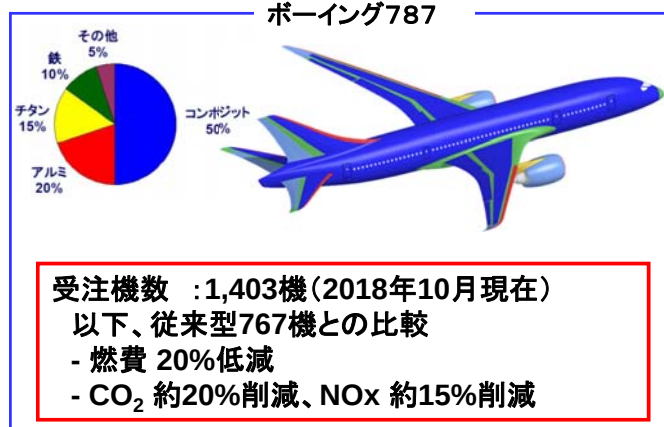
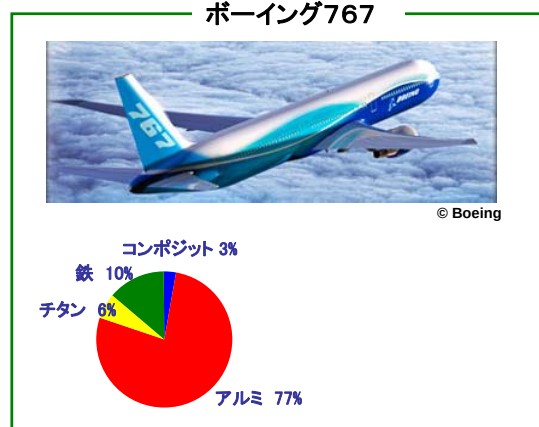
TORAY

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



Copyright © 2019 Toray Industries, Inc. **TORAY**

熱可塑性コンポジットの特徴と利点

➤ 熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂の違い

	熱硬化性樹脂	熱可塑性樹脂
加熱による挙動	加熱により硬化する (硬化後は、元に戻らない)	加熱により溶融する (加熱、冷却で元に戻る)
粘度	硬化前は低粘度 (繊維に含浸しやすい)	高粘度 (繊維に含浸しにくい)

CFRPでは繊維への含浸しやすさから熱硬化性樹脂が用いられてきたが、含浸技術や樹脂の進化により、熱可塑性樹脂の適用範囲が広がってきた。

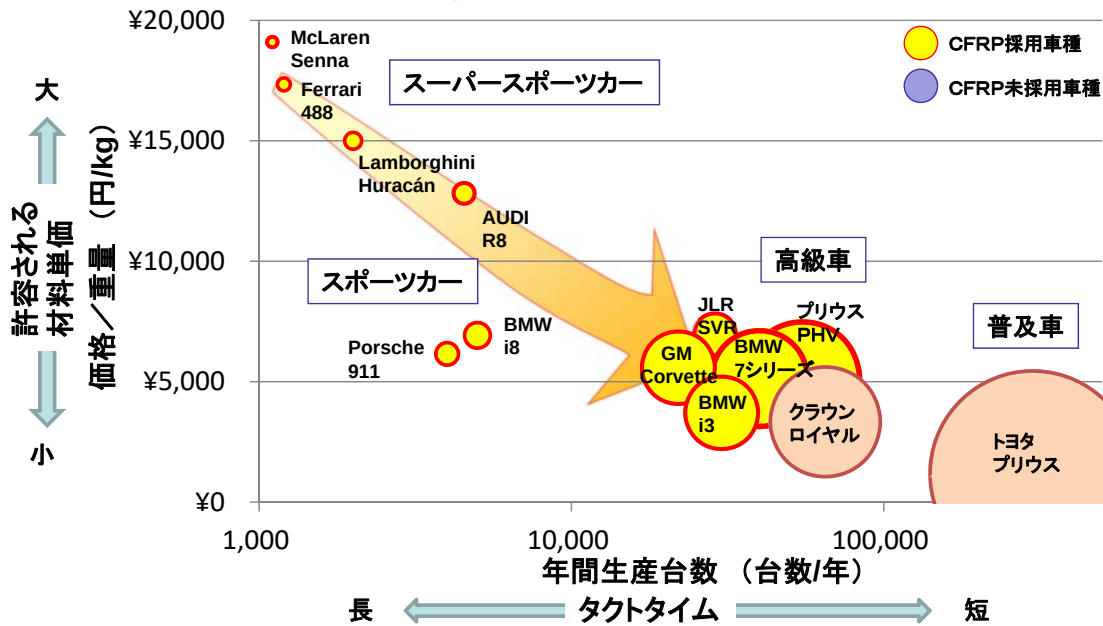
➤ 熱可塑コンポジットの利点

特徴	最終製品でのメリット
短時間成型が可能	高ビルドレート生産に好適
プレス成形や射出成形が容易	
成型と接合を別々に行うことが可能 (各パーツを成形後、接合することも可能)	ファスナーレス化が可能 (成形・組み立てコスト低減)
再加熱により、再成形を行うことが可能	冷凍庫不要(低コスト) 低環境負荷
常温下で樹脂の熱変化が起きないため、常温保管可能	
リサイクル化が図りやすい	

Copyright © 2019 Toray Industries, Inc. **TORAY**

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



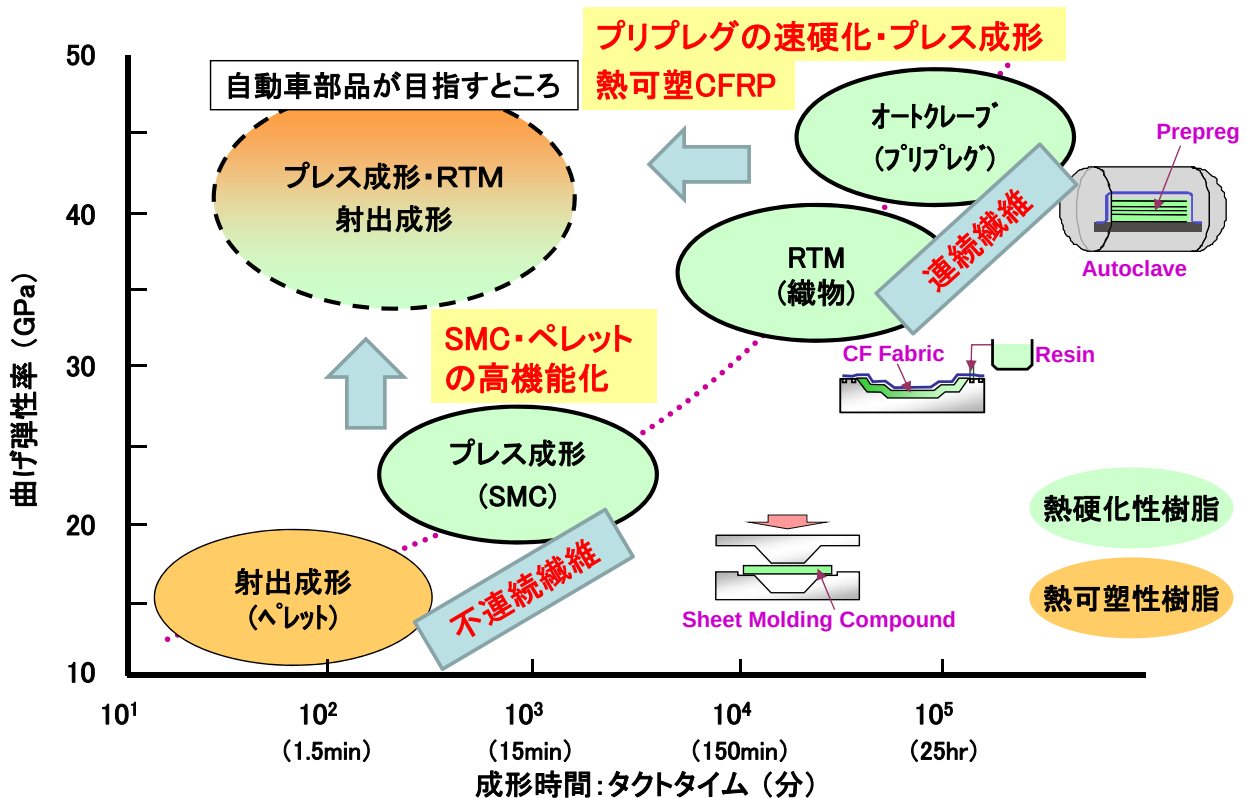
◆量産自動車適用の課題(生産性とコストとのバランス)

1. 短タクトタイムに対応した成形技術の開発
 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
- 速硬化(プリプレグ・SMC)
熱可塑性CFRP
マルチマテリアル

Copyright © 2019 Toray Industries, Inc.

TORAY

自動車用途拡大に向けた中間基材開発の方向性



Copyright © 2019 Toray Industries, Inc.

TORAY

エネルギー・インフラ分野

風力発電



天然ガス



海底油田



送電線

水素社会



Copyright © 2019 Toray Industries, Inc.

TORAY

燃料電池車での炭素繊維の採用事例

<トヨタ“MIRAI”>

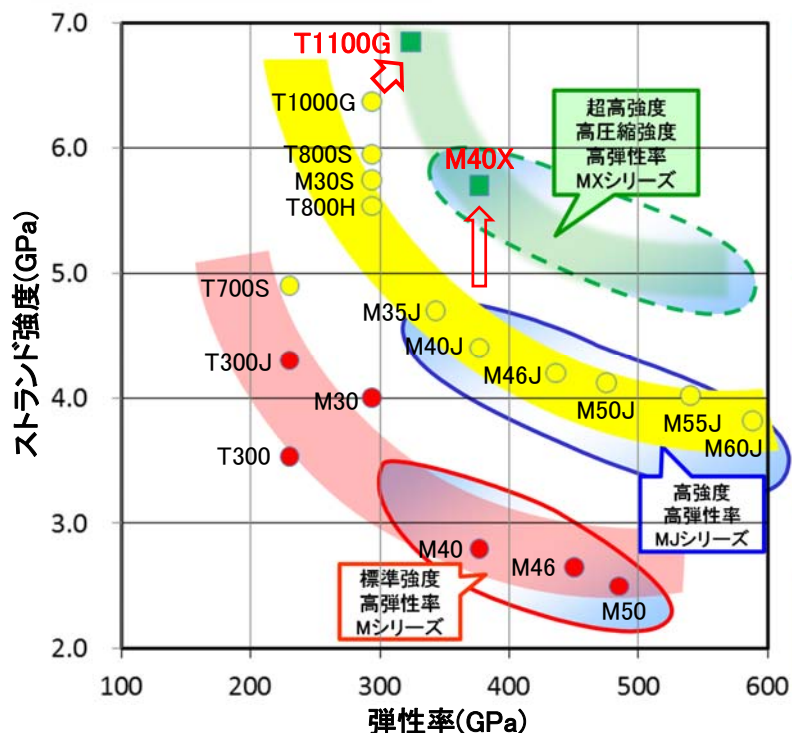


様々な形態の炭素繊維製品が燃料電池車には採用されている

Copyright © 2019 Toray Industries, Inc.

TORAY

高性能炭素繊維 トレカ®「T1100G」「M40X」



第三世代(2010年代～)

- さらに高強度・高弾性率化
- フィラメント数: 12,000本～
- 引張強度7GPa系 "T1100G"
- 超高強度、高弾性率 MXシリーズ

第二世代(1980～2000年代)

- 高強度・高弾性率化、高生産性
- フィラメント数: 6,000～24,000本

第一世代(1970年代)

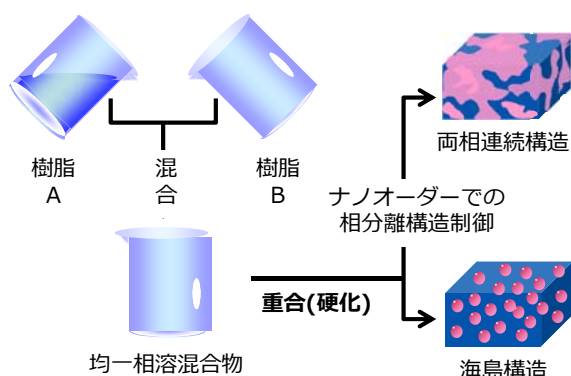
- 工業生産開始した初期世代
- フィラメント数: 3,000～6,000本

T1100G、M40Xの開発により炭素繊維の高強度化を実現

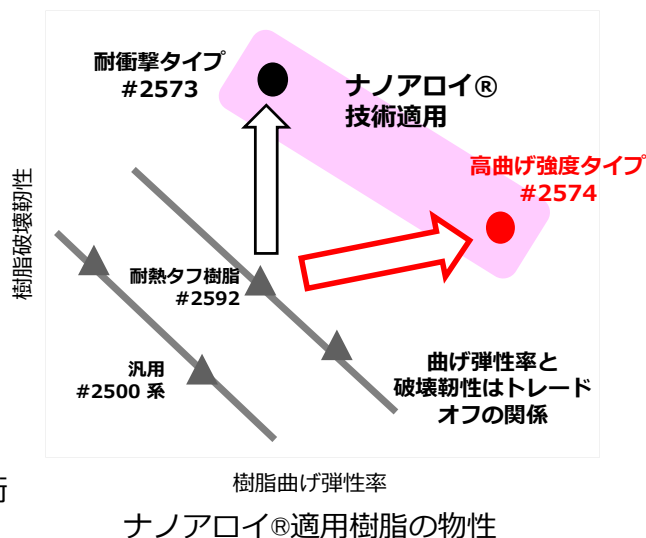
Copyright © 2019 Toray Industries, Inc.

TORAY

高性能マトリックス 「ナノアロイ®樹脂」



マトリックス樹脂におけるナノアロイ™技術



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

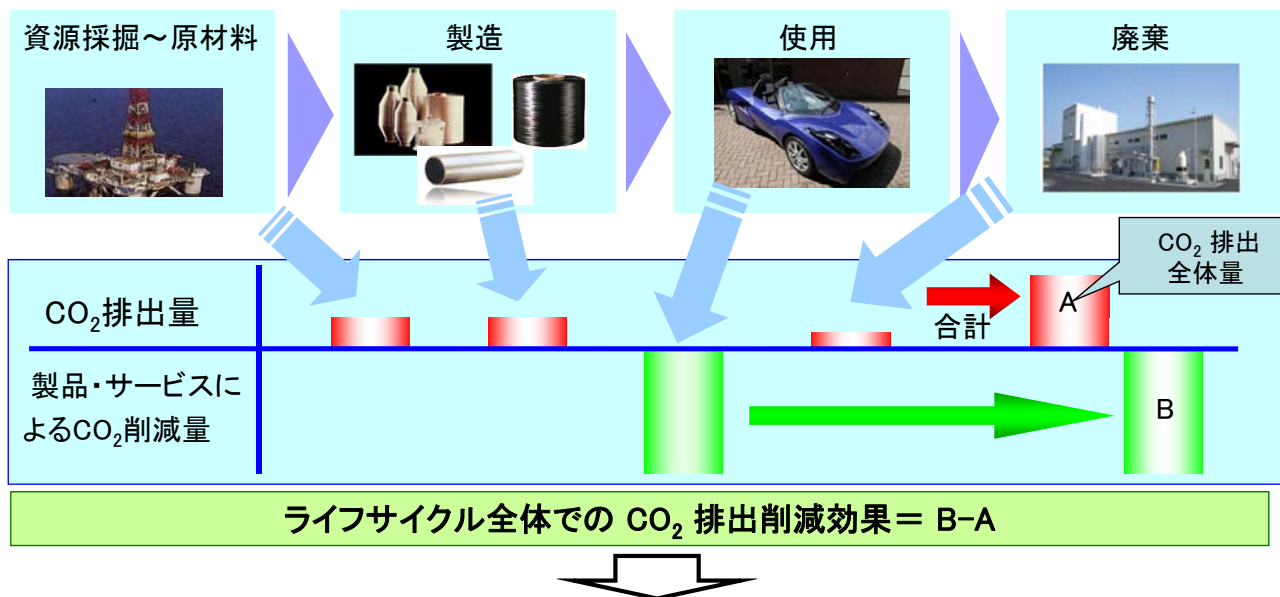
高曲げ強度タイプ#2574は、靱性を維持して曲げ弾性率を向上

Copyright © 2019 Toray Industries, Inc.

TORAY

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

Copyright © 2019 Toray Industries, Inc. **TORAY**

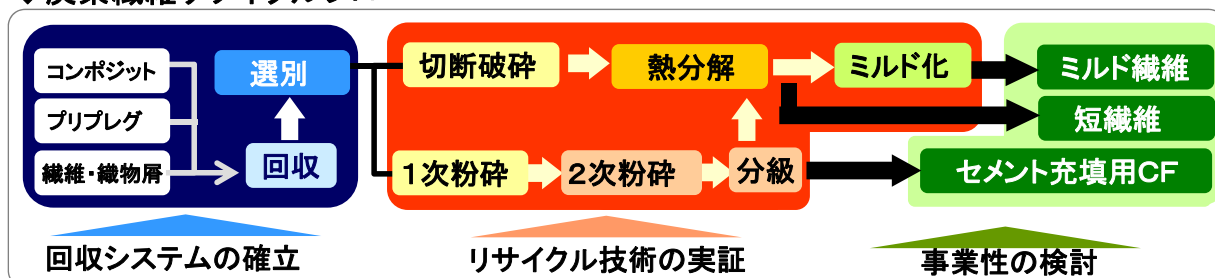
リサイクルに対する取り組み: 過去の検討

■ 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。

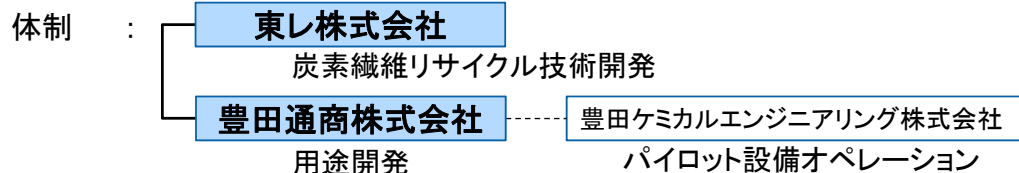
◎ バージンミルドCFに比べ、リサイクル品の製造エネルギーは17%、CO₂負荷は14%

◆ 炭素繊維リサイクルフロー



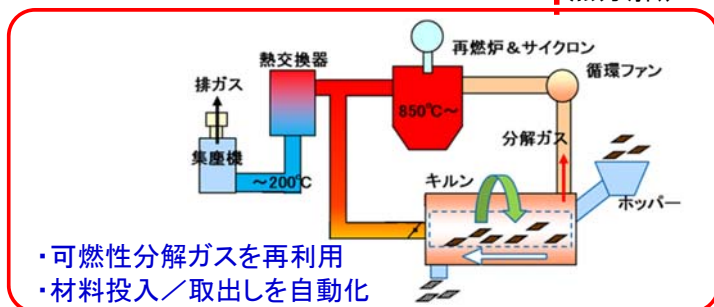
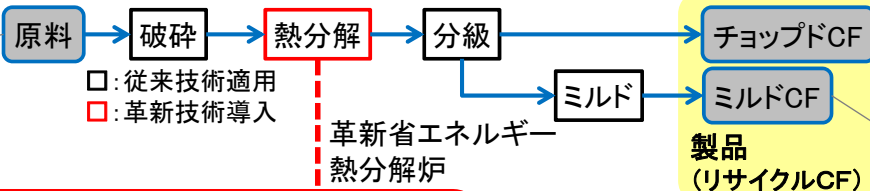
Copyright © 2019 Toray Industries, Inc. **TORAY**

炭素繊維リサイクルの共同推進



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

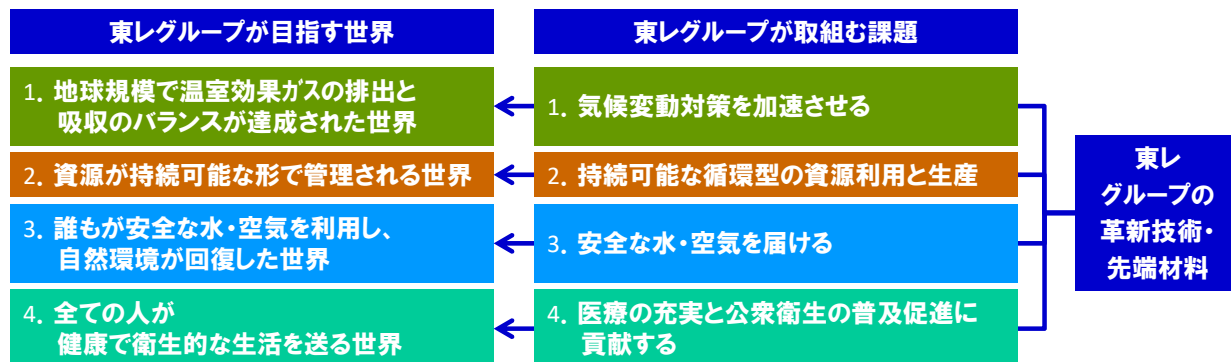


両社で提案した「革新省エネルギー熱分解法による高効率リサイクル炭素繊維製造技術の開発」は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)による平成27年度「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」に採択されております。

Copyright © 2019 Toray Industries, Inc.

TORAY

東レのサステナビリティ・ビジョン



2050年へ向けて東レグループが目指す世界と、取組む課題を策定

Copyright © 2019 Toray Industries, Inc.

TORAY

まとめ

1. PAN系炭素繊維は日本で製造原理が発見された革新素材であり、爾来たゆまぬ技術革新により我が国が世界の市場を牽引してきた。
 2. 航空機：中大型機を中心に複合材の適用が進み、オールコンポジット化された787やA350では低燃費が実証された。今後拡大する小型機では高生産性・低コスト化が必須であり、熱可塑性材料等新技術の本格採用が期待される。
 3. 自動車：軽量化とコストのバランスがポイントであり、サイクルタイム短縮による生産性向上やマルチマテリアル化による素材の最適化が進む。
 4. エネルギー：低炭素社会の実現に向けて風力発電用ブレードや天然ガス車用圧力容器タンク向けの需要が拡大すると共に、水素社会の到来により炭素繊維は新たな時代を迎える。
 5. スポーツ：炭素繊維を産業レベルの素材に押し上げた最初の用途であり、今もお繊維・樹脂の極限追究が進み、最新技術の「ゆりかご」となっている。
 6. サステイナブルな社会の実現に向けて、炭素繊維のリサイクルはその重要性を増しており、さらなる普及に向け業界全体での取り組みが必要である。
-

Copyright © 2019 Toray Industries, Inc. **TORAY**

