

炭素繊維のリサイクルにおける 標準規格化の役割

2017/2/3 (金)

資源循環型ビジネス展開セミナー(名古屋)

- 産業技術総合研究所 環境管理研究部門 資源精製化学研究グループ

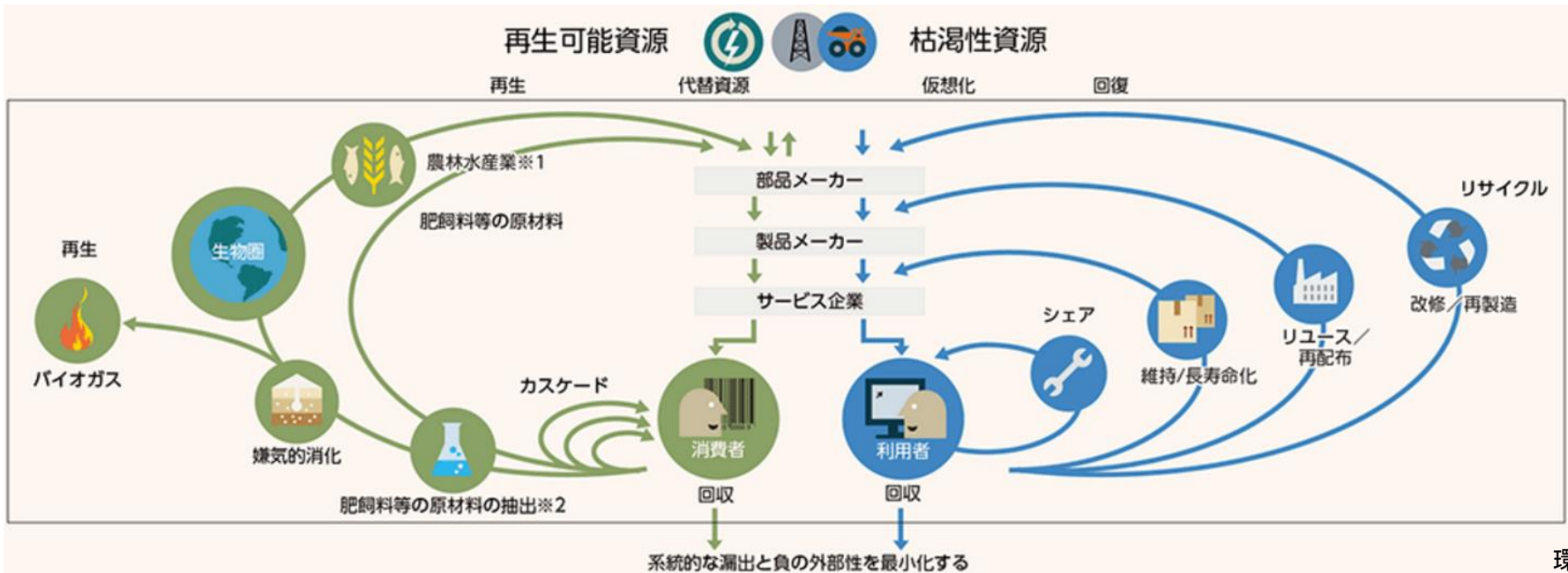
加茂 徹



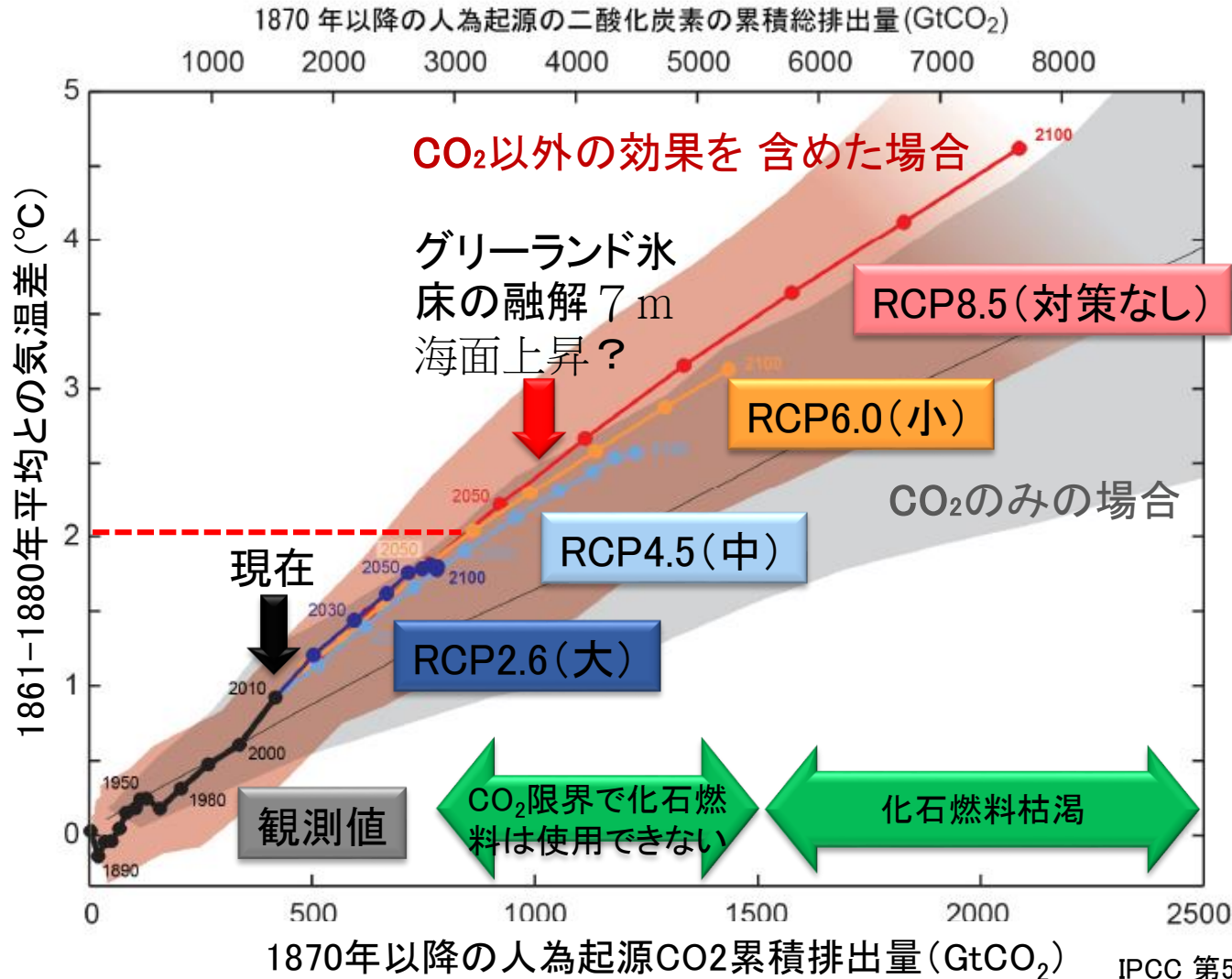
Circular Economy (循環経済)

目標: EU域外からの資源・製品の供給依存を減らし、EU内で多くの新規雇用を生み出す。その過程で淘汰される分野を政策で一定の配慮しなら経済的効果が最大となるよう最適化する。

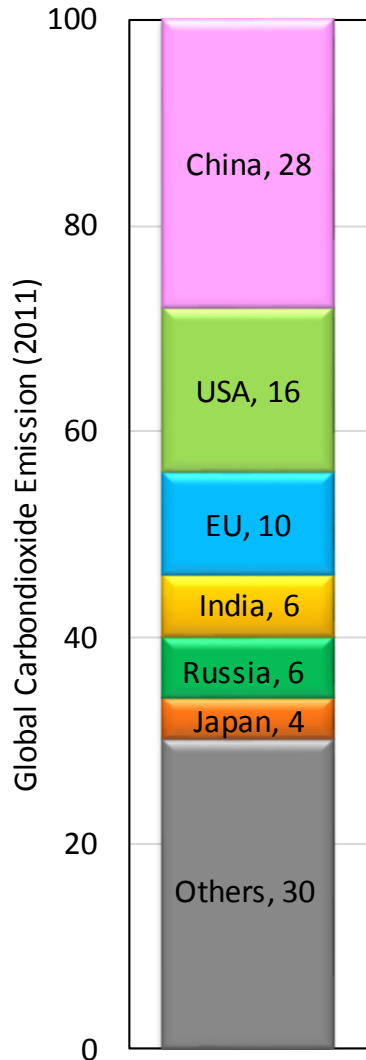
- 1、廃棄物産業の成長・発展(ソーティングセンターによる材料リサイクルの促進)
- 2、国際競争力のあるCE型ビジネスモデルの開発と育成
- 3、最少の資源で最大の利益を得るデカップリング型ビジネスモデル



人為起源CO₂累積排出量と気温上昇



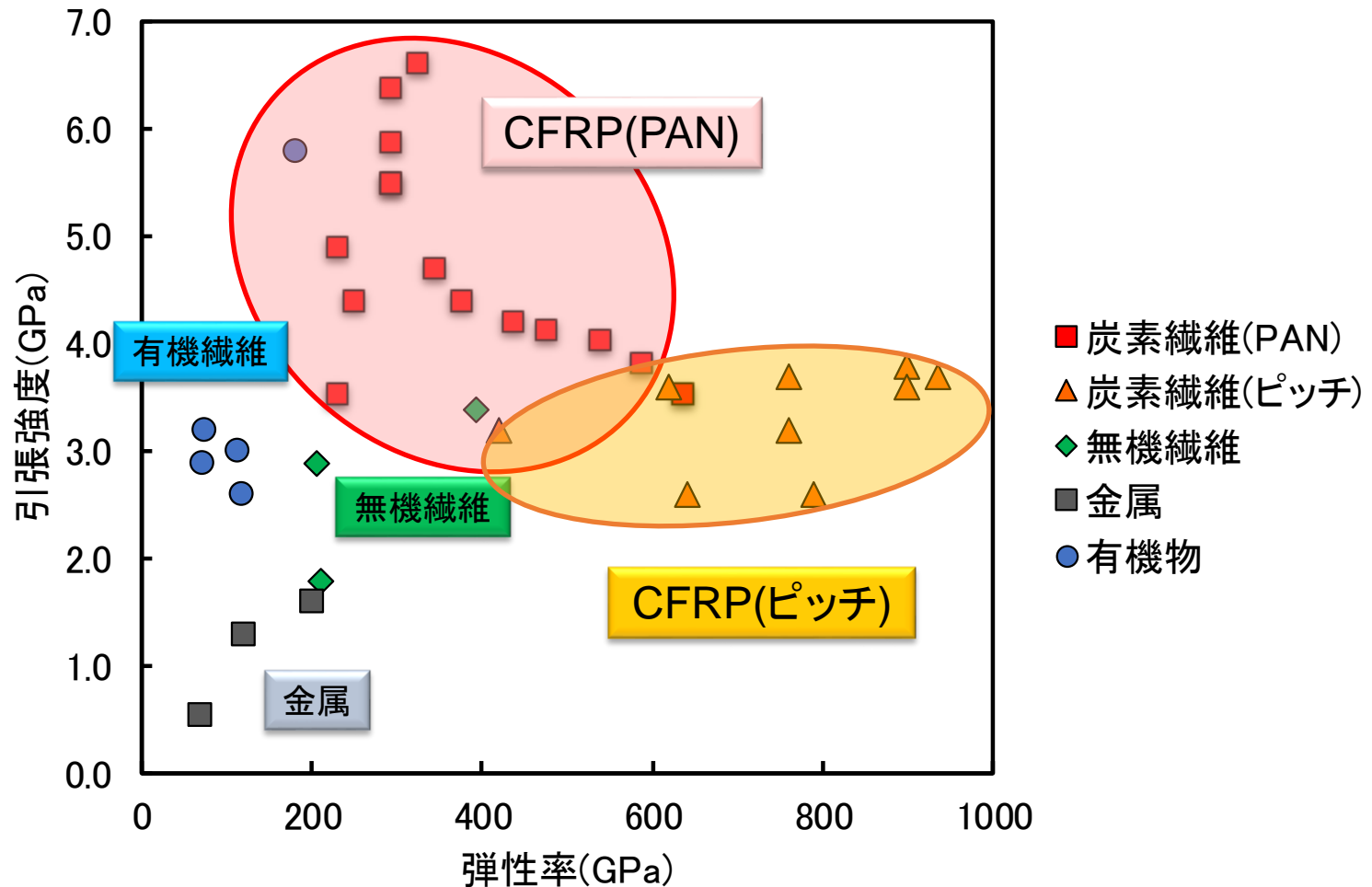
パリ協定の発効



	目 標	
中国	GDP当たりのCO ₂ を60-65%削減	2005年比 2030年まで
アメリカ	26 - 28%削減	2005年比 2025年まで
EU	40%削減	1990年比 2030年まで
インド	GDP当たりのCO ₂ を33-35%削減	2005年比 2030年まで
ロシア	70 - 75%に抑制	1990年比 2030年まで
日本	26%削減	2013年比 2030年まで

80%削減
2050年

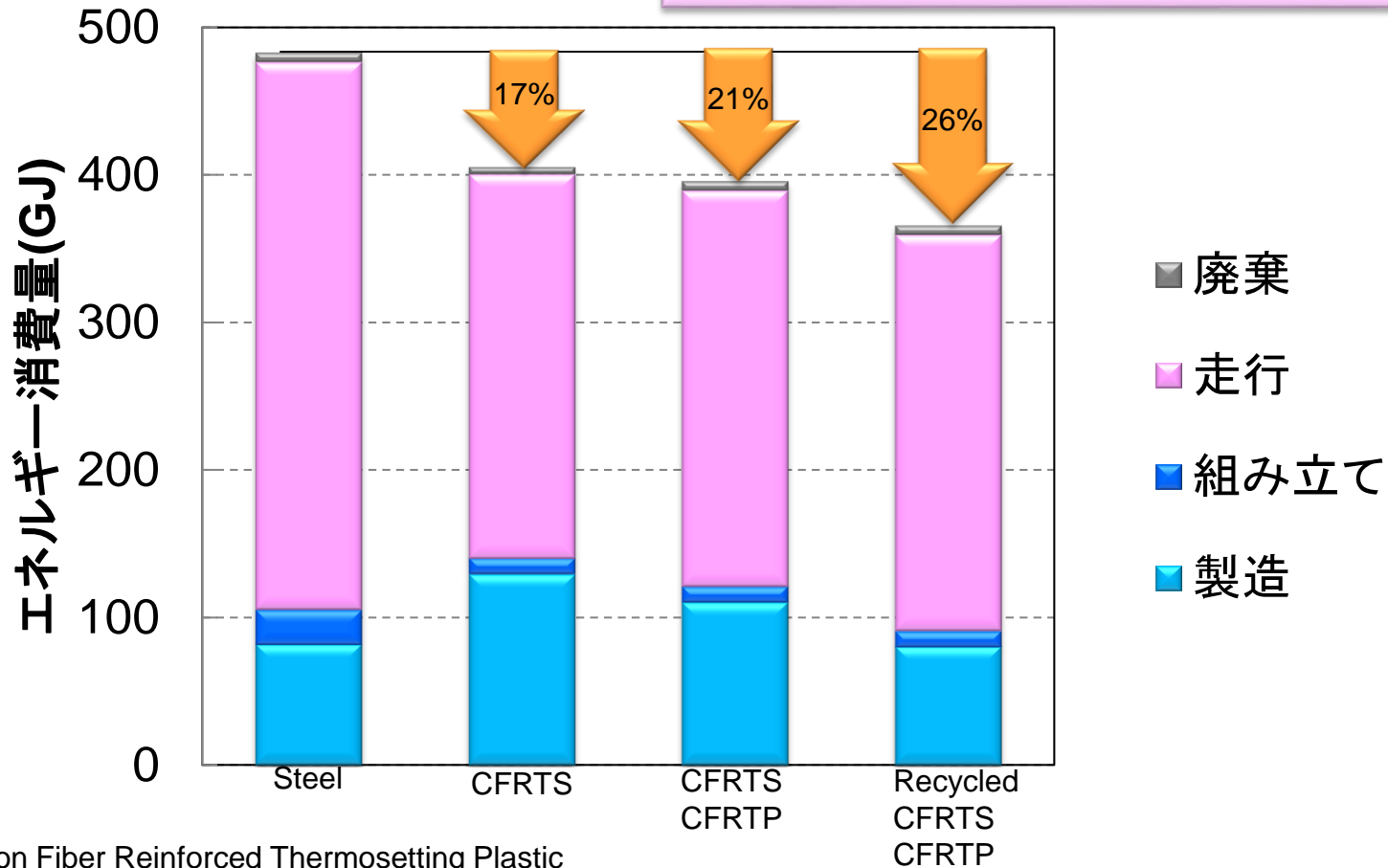
CFRPの材料特性



よくわかる炭素繊維入門(2015)

自動車のライフサイクルエネルギー消費量 に対するリサイクルの効果

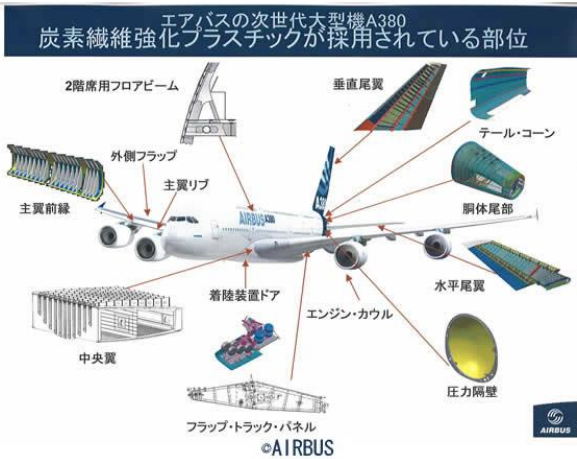
(鉄:45 MJ/kg, CFRP: 230 MJ/kg)



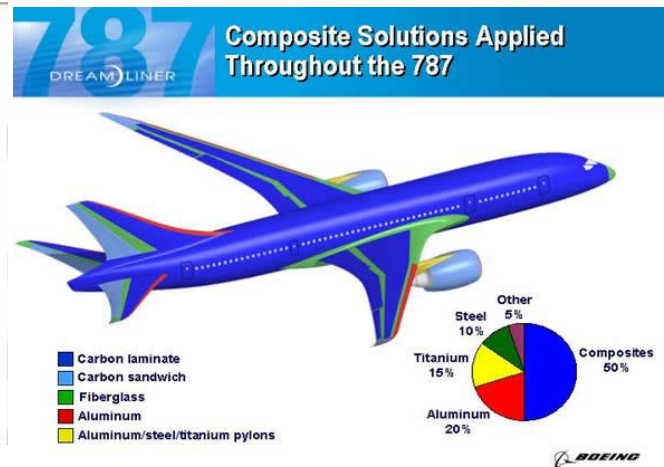
CFRTS: Carbon Fiber Reinforced Thermosetting Plastic
CFRTP: Carbon Fiber Reinforced Thermo Plastic

J. Takahashi, J. Jpn. Soc. Comp. Mater. 34(6), 251 (2008)

航空機に使用されている炭素繊維

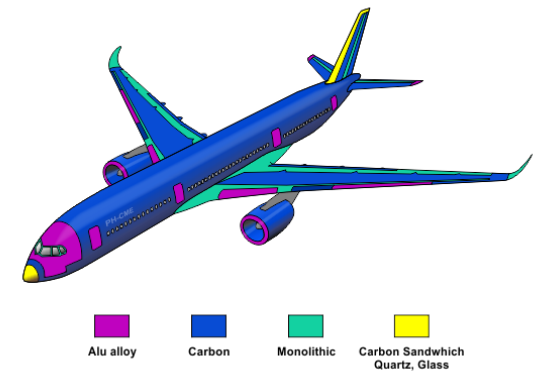


CFRP 19%



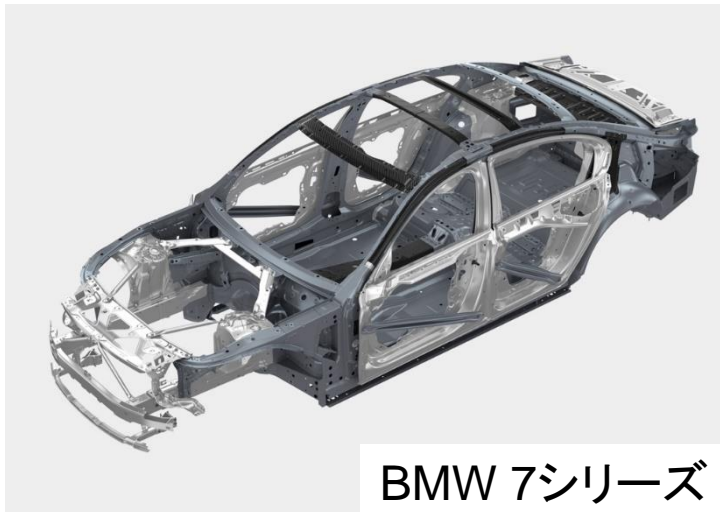
CFRP 50%

Airbus A350 Composite Locations

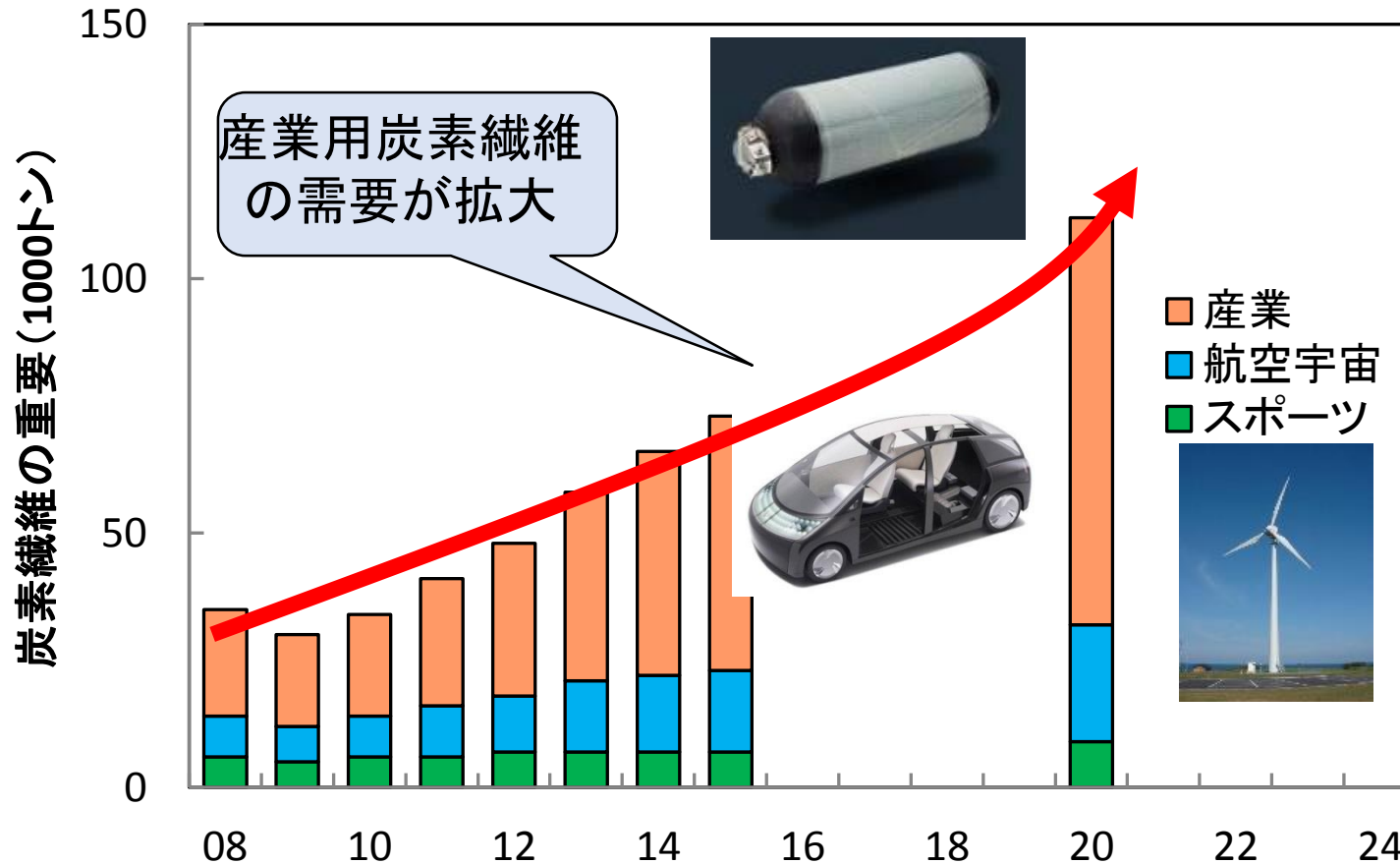


CFRP 53%




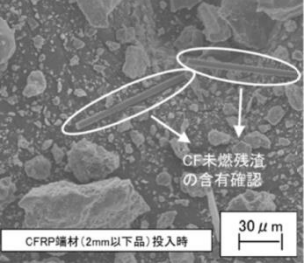
実用化されたCFRP製品



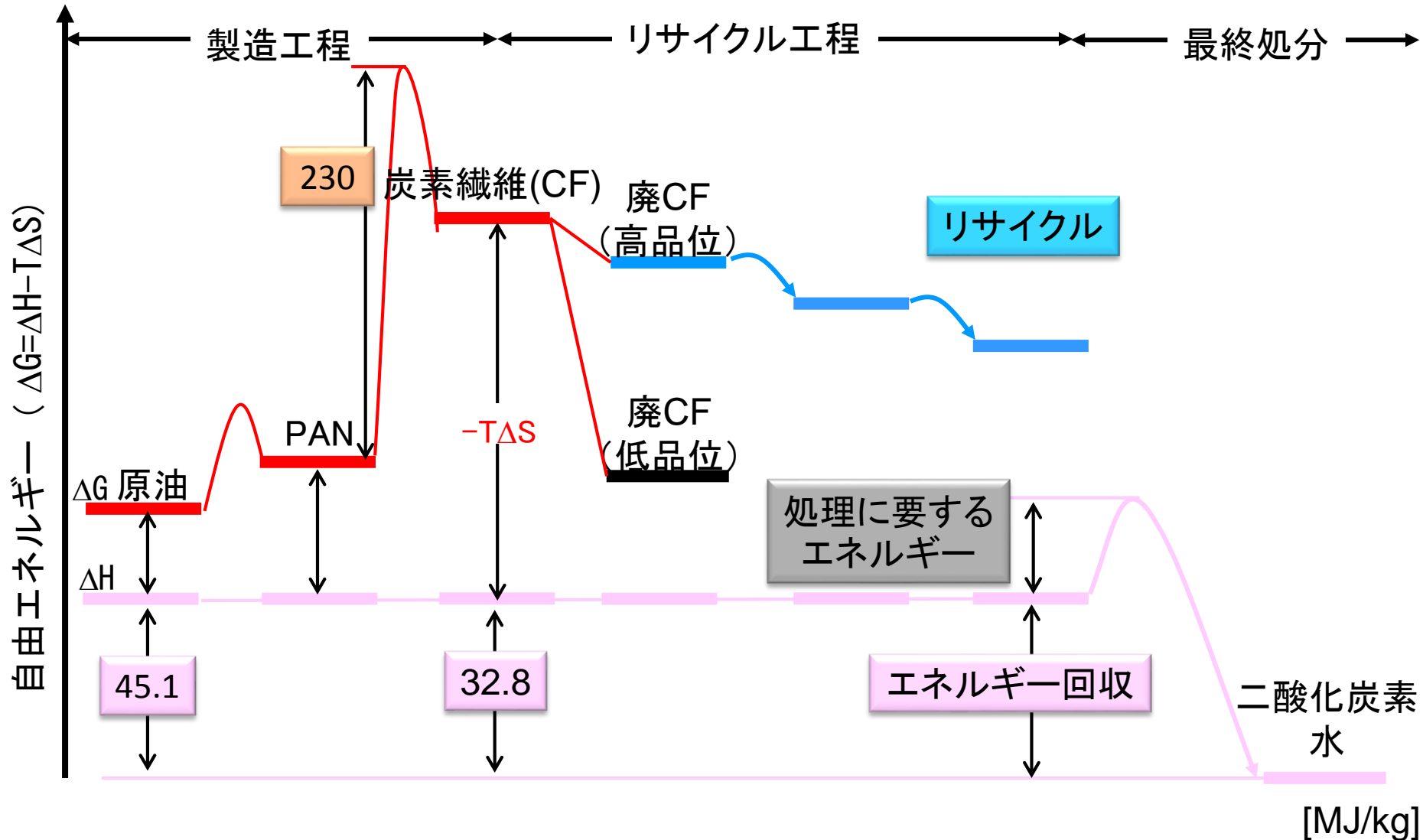
炭素繊維の需要予想



CFRPの焼却処理

処理方法	結果	写真
粉碎	飛沫を確認	
ガス化溶融炉 (シャフト炉)	スラグ、減温塔灰、バグフィルター灰へのCFRPの混入	
流動床炉	燃焼室: クリンカの発生 ボイラー: CF由来物 バグフィルター: 綿状CF由来物	
ガス化溶融炉 (サーモセレクト)	熱交換器にCFを含む多量のスラッジが確認	
セメント (ロータリーキルン)	窯尻: 完全燃焼せず繊維単体のまま排ガス処理系に飛散 窯前: 未燃残渣	
電気集塵機	スパーク電圧低下	

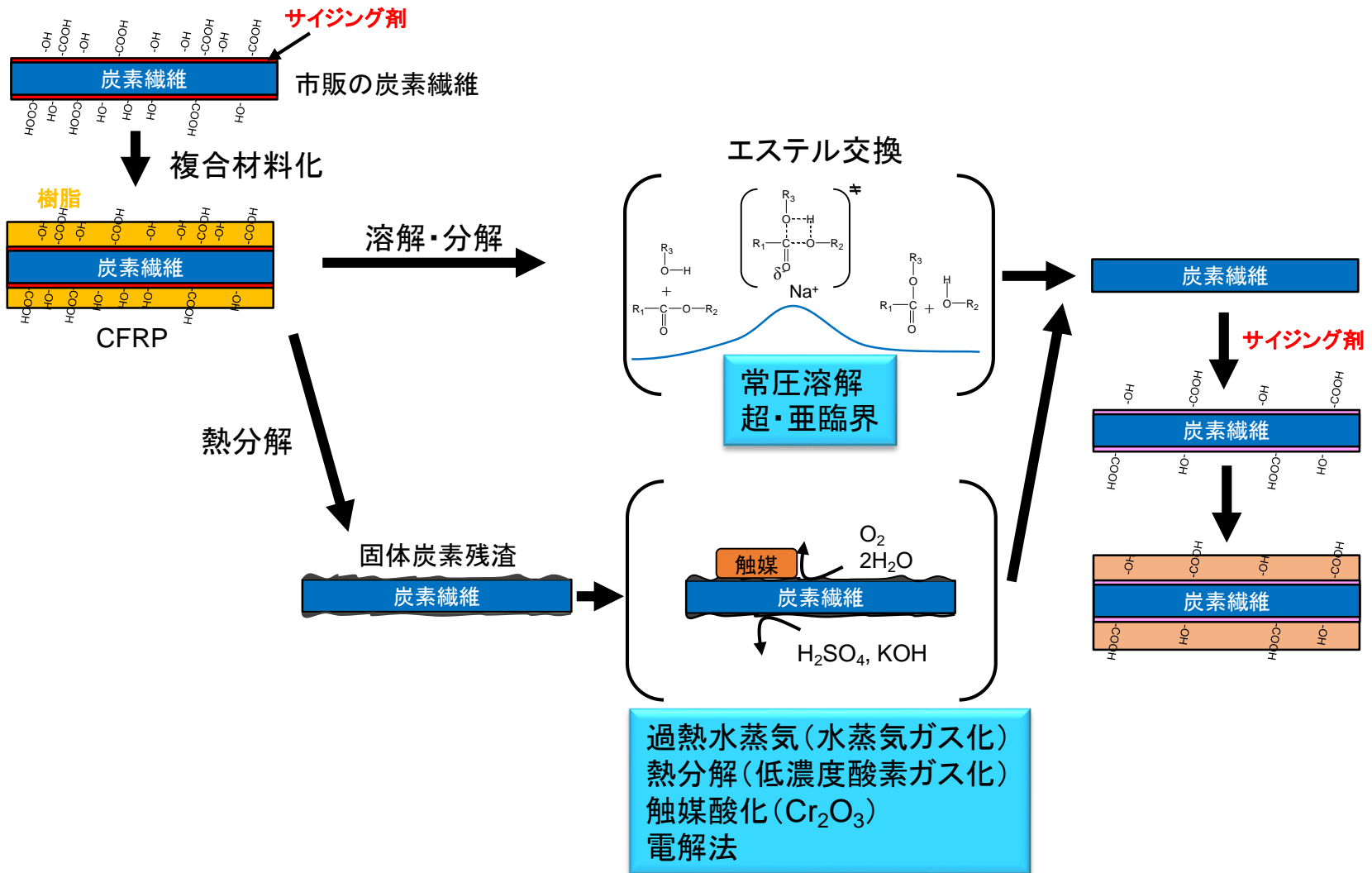
CFRPのリサイクルの特徴



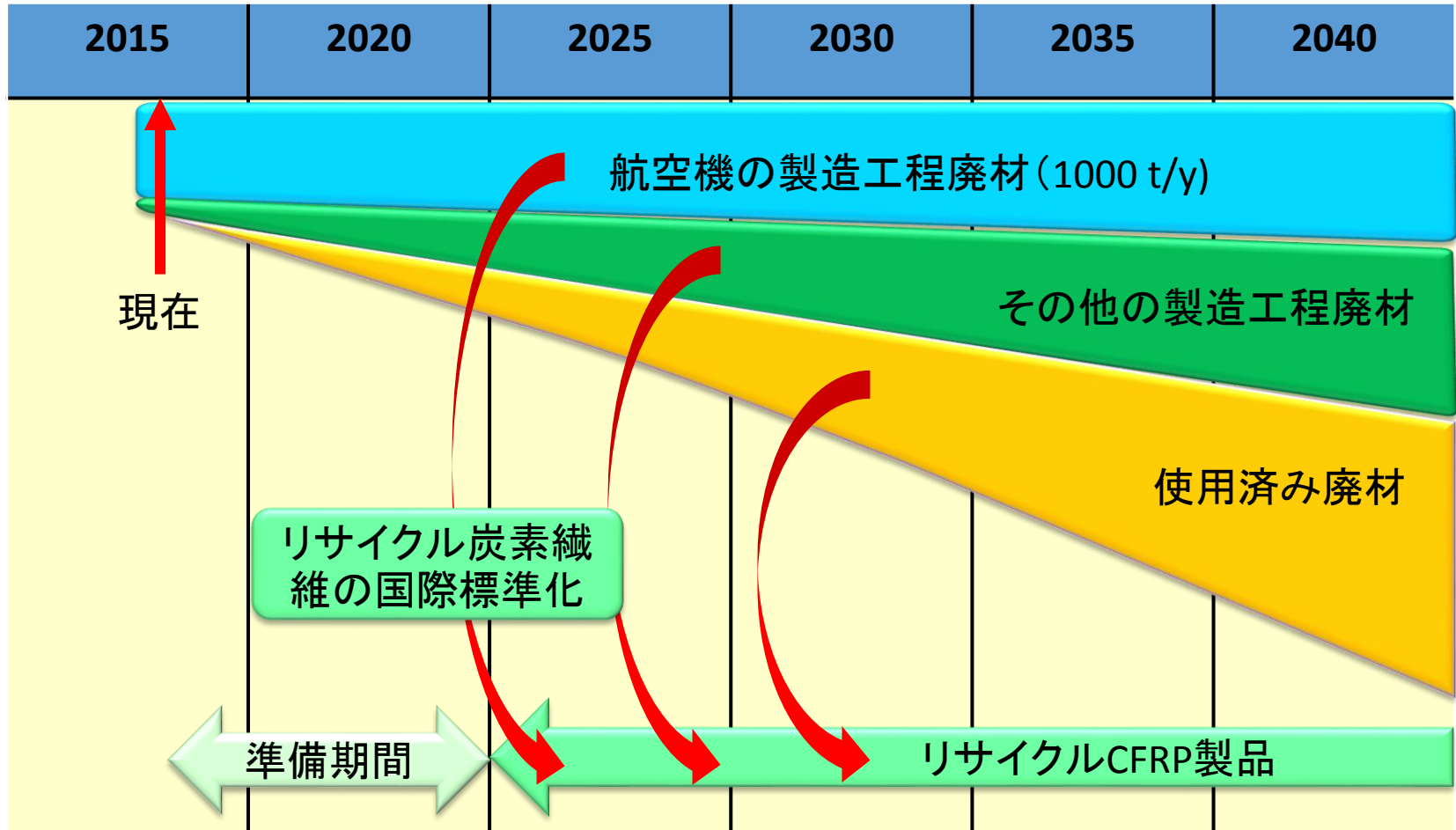
主な炭素繊維のリサイクル法

処理法	熱分解	熱分解	水蒸気ガス化	触媒酸化	低温ガス化	電解法	常圧溶解	超・亜臨界
開発者	炭素繊維協会	カーボンファイバーリサイクル工業	ファインセラミックセンター	信州大学	産総研	八戸高専	日立化成	静岡大学
温度(°C)	500~700	500	500	500	400~500	200~600	200	250~300
圧力(Mpa)	常圧	常圧	常圧	常圧	常圧	常圧	常圧	5~10
繊維強度	×	○	○		○	○	○	○
繊維長	短	長・短	長・短	長・短	長・短	長・短	長・短	短
回収樹脂	なし	なし	なし	なし	化学原料	なし	液化物	液化物
熱硬化性	○	○	○	○	○	○	△	○
熱可塑性	○	○	○	○	○	○	×	△
費用	○	○	○	○	○	△	△	×
特徴	・回収繊維が短い	・高温処理による熱劣化	・高温の水蒸気が必要	・樹脂を燃焼	・熱劣化が少ない	電解酸化のコスト	・溶媒が高価 ・エステル樹脂	・高温高圧

CFRPのリサイクル法の概要



CFRPのリサイクル市場の動向



国際標準の種類と過去の事例

デジュール規格
(De Jure Standard)
公的な機関による標準

A4, HB, 洋服のサイズ, ネジ

デファクト規格
(De Facto Standard)
市場で事実上標準化

VHS, Windows, TCP/IP

二槽式洗濯機(脱水機能)



輸出が困難に

アナログハイビジョン



デジタルハイビジョン

i-モード



スマートフォンの普及で消滅

FeliCa (お財布携帯)



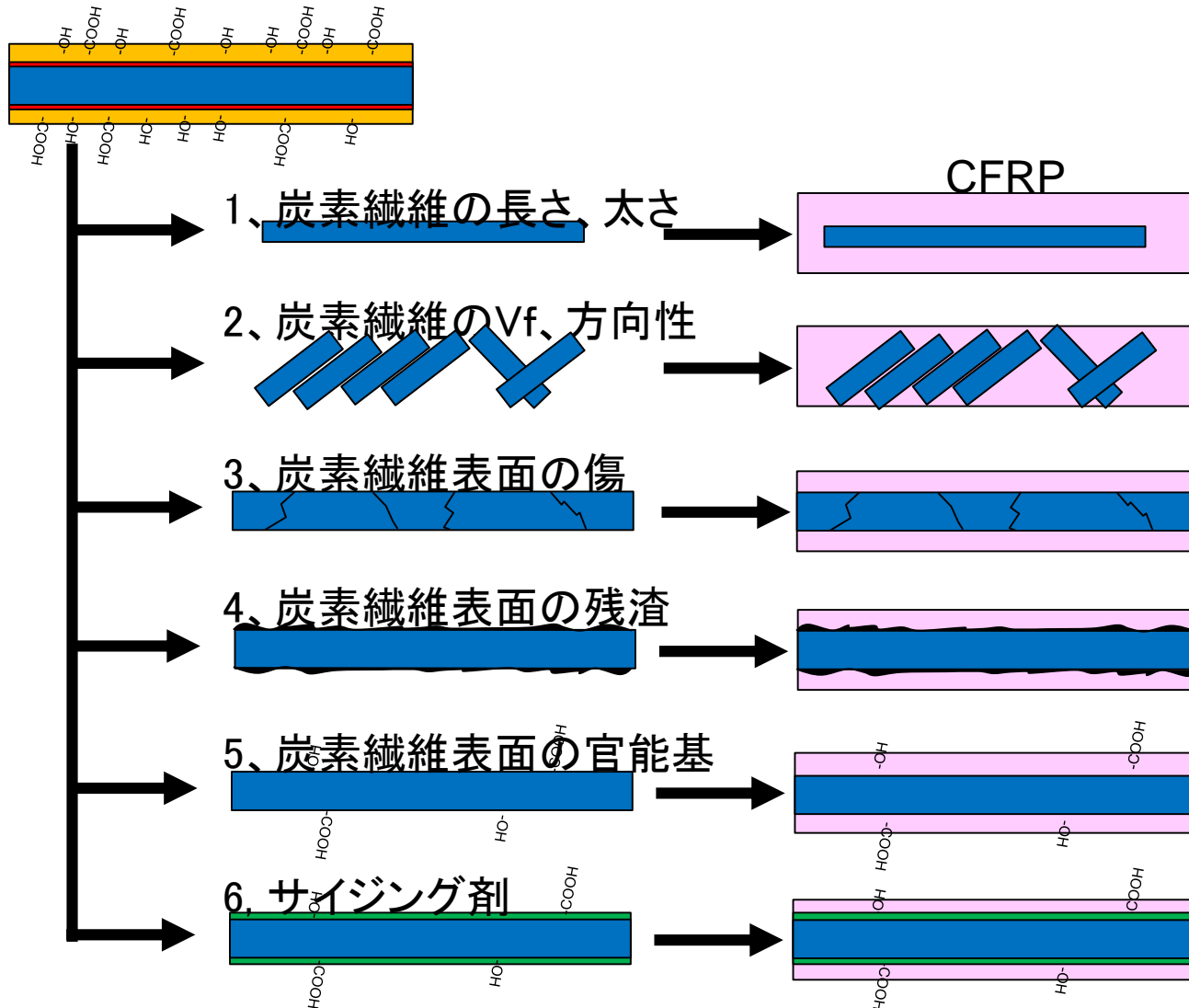
NFCが国際標準化

電気自動車充電プラグ

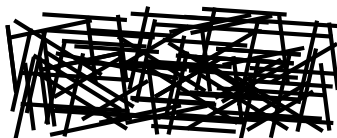


チャデモ/コンボ並列

炭素繊維の強度へ影響を与える因子



回収した炭素繊維を用いた再生 CFRP製品の標準(案)



	回収した炭素繊維	再生したCFRP
バージン材と共通基準	引っ張り強度(A~D) 弾性率(1~4)	引っ張り強度(A~D) 弾性率(1~4) 樹脂(EP,Ph)
再生品の独自基準	繊維の平均長,分布(L) 炭素繊維の直径,分布 残渣、表面官能基, 傷 繊維の方向性	炭素繊維の状態 サイジング剤 繊維体積含有率(Vf)
トレーサビリティ	原料(T300, etc) 回収方法(L,P,C)	成型方法

例えば: A2(EP)-L,Vf-T300P

バージン炭素繊維(ISO): CF-原料, 弾性率-引張強度-密度(CF-AC,760-37-270)

まとめ

- 1、温暖化ガスの排出量を低減するには、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)を普及させると同時に、炭素繊維(CF)をリサイクルすることが重要。
- 2、回収されたCFの強度は、繊維長、直径、残渣、表面官能基、傷、繊維の方向性、繊維の割合(Vf)、サイジング剤に影響される。
- 3、CFのリサイクルを促進させるには、再生CFや再生製品を標準規格化して市場における品質と価格を安定化させ、競争による技術革新を促す。
- 4、再生CF・CFRPの標準規格では、表記法、測定法、物性、トレーサビリティが候補となる。