

熱可塑性によるCFRPの低コスト化（量産車向け）

< 熱硬化性CFRP >

材料コスト

- 高い炭素繊維含有率(~60%)
- 樹脂が高価
- 非効率なプリプレグシステム
- 歩留まり問題

製造コスト

- 低い設備稼働率 → 量産
- 高い製造エネルギー → OOA
- 労働集約的 → 自動化
- 高い加工ツール費

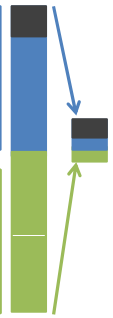
< 熱可塑性CFRP >

材料コスト

- 低い炭素繊維含有率(20%~)
- 樹脂が安価
- 効率的なプリプレグシステム
- 高い炭素繊維利用率

製造コスト

- 易加工性プリプレグシステムによるハイサイクル自動成形により大幅減
- 層間剥離が起こらず、かつ低Vfで、二次加工も容易

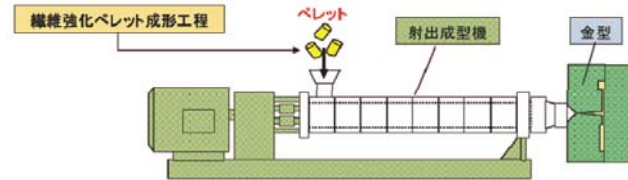


熱可塑性によるCFRPの低コスト化（量産車向け）

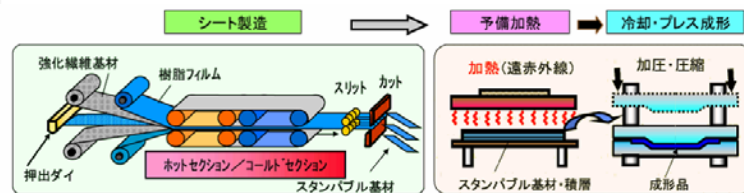
- CF/PP成形圧力：100~300kgf/cm²（10~30MPa）
- 1000トンプレス機で成形できるCF/PP：3300~10000cm²
 - 2mm厚とすると 670~2000cm³
 - 比重1.2なので 800~2400g
- プレス機1000万/100トン
 - 2kgのCF/PP部材成形の設備費=10000万円（5000万円/kg）
- 成形サイクルa分（20/a万個/年）×10年=200/a万個
 - 設備費25a円/kg
- 上記はIRヒーター+プレスのハイサイクルパターンで高成形圧必要
- 垂ハイサイクルで良ければ、金型内で基材を溶かす手法が選択可能

FRTPのハイサイクル成形方法

Injection（短繊維）



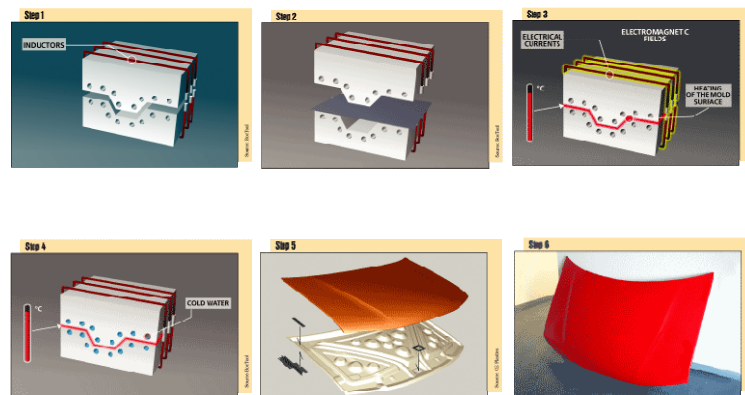
Stamping（連続・長繊維）

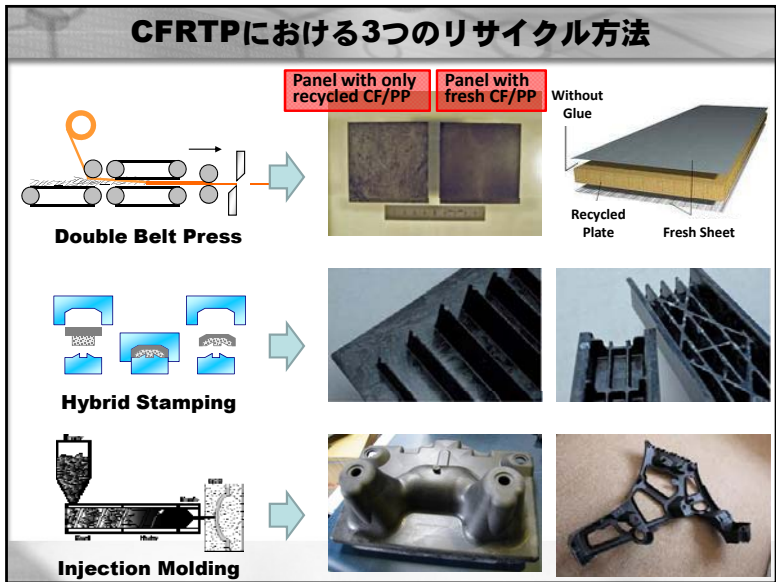
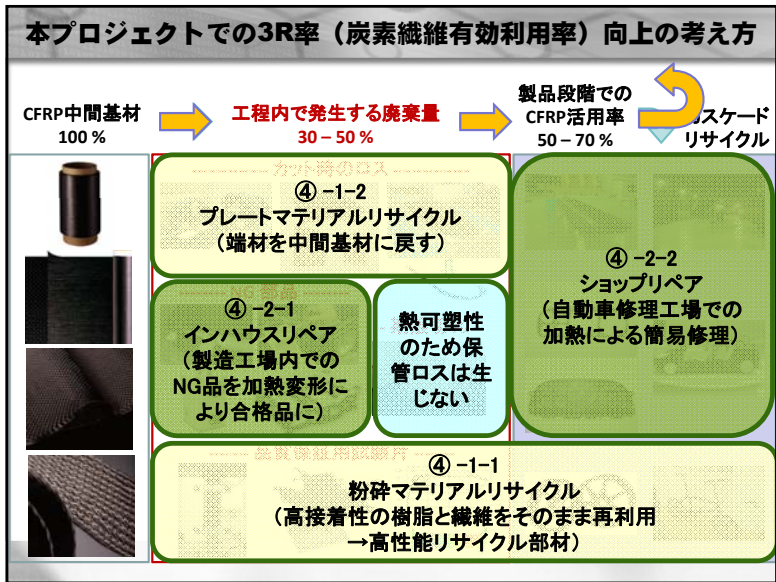
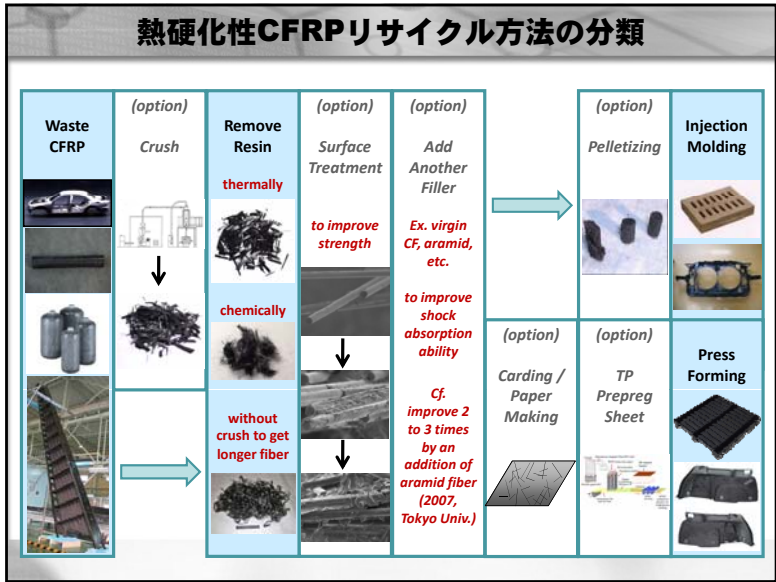


東レ資料から

FRTPの垂ハイサイクル成形例

例）電磁プレス成形によるもの、クラスA表面品質確保に優位性





熱可塑性複合材料への期待（航空機用と自動車用の相違点）

	航空機	自動車
将来の年間生産台数	1000機以上/年	1億台以上/年
<将来の保有台数>	<商用機2万機以上>	<乗用車13億台(現在7億台) トラック5億台(現在2.5億台)>
炭素繊維の最大需要量	5万トン以下(歩留まり含む) (歩留まりの有効利用が課題)	1000万トン以上 (市場ゴミの再製品化が課題)
<1台あたりの使用量>	<平均50トン以下/機>	<平均0.1トン以上/台>
ニーズ	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 軽量性 ◇ 低コスト ◇ 小部品の高速成形 ◇ 主構造の耐衝撃安全性 ◇ 耐雷性等電気的性質 ◇ 易修理性→高稼働性 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 軽量性 ◇ 低コスト(スチール同等) ◇ 超高速成形性(~1分) ◇ 耐衝撃安全性 ◇ 耐雷性等電気的性質 ◇ 3R性(廃棄物処分所問題)
ソリューション	CF/TP (PEEK, PEKK, PPS#, etc.)	CF/TP (PP, PA, etc.)
課題	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 耐熱性vs.成形性 ◇ 樹脂価格+成形コスト 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 超高速成形+加工法の開発 (CFとTPの界面接着性向上) ◇ CF価格低下・生産量増加

軽いだけではない ~CFRTPの魅力と課題~

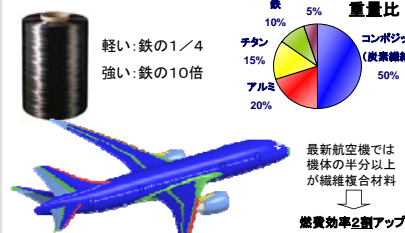
- コスト低減のためのCFRTP技術
 - > CFRPが高いのは炭素繊維のせいではない
 - > トータルコストでスチール車に迫る
- CFRTPで車はどこまで軽く、安全にできるか（乗員+歩行者保護）
 - > 軽量ゆえに、より耐衝突性を向上（コンパティビリティ）
 - > 凹みにくい材料特性を活かし、歩行者の頭部損傷度低減
- 部材製造速度と軽量化率のトレードオフ関係
- 環境負荷・3R（LCA、リペア、リサイクル）でもCFRTPは優等生
- 次世代炭素繊維技術戦略とのリンク

良くある説明

- 最先端の繊維素材はその優れた特性から新たな製品や市場を開拓しうる次世代の有力素材として、経済・生活環境をドラスティックに変化させるだけのインパクトを持っている。
- 特に近年、省エネや環境保全の分野では、繊維素材の特性(軽量性等)を活かして、多くの需要が期待されており、例えば、炭素繊維素材は鉄などの金属を代替する素材として期待されている。

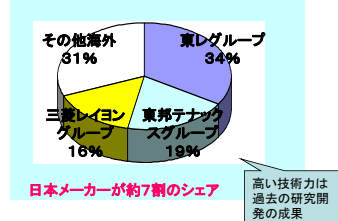
繊維素材の活用による省エネ効果

<移動体分野>



高い競争力を有する日本の繊維技術

【炭素繊維の世界シェア】



→国際競争力を維持していくためには、今後も研究開発に注力することが不可欠。
2007年に策定した経済産業省の技術戦略マップの中に、新たに「ファイバー分野」の技術戦略マップを追加したところであり、我が国としても繊維に係る技術開発を推進していくことが必要。

地球温暖化対策に貢献する炭素繊維

環境負荷低減

軽量化

航空機: B787 (CFRPが構造重量の50%)、MRJ (目の丸ジェットもCFRP)

自動車: 欧州軽量車はCFRP、1/XはCFRP

クリーンエネルギー製造

効率化

風車: 羽根断面 (CFRP)、回転胴 (CFRP)

軽量高剛性により直徑100mを実現
軽量高剛性により高速回転を実現
CFRP(繊維)
風車の大型化 ウラン濃縮回転胴の高速化

代替燃料システム

バス・トラック

CFRP製CNGタンク

CNGで低CO₂排出量を実現
軽量高強度により軽量タンクを実現

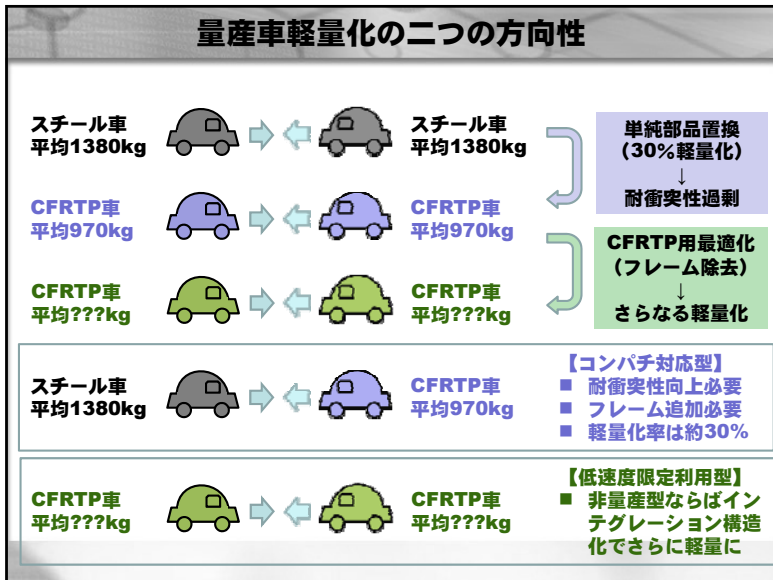
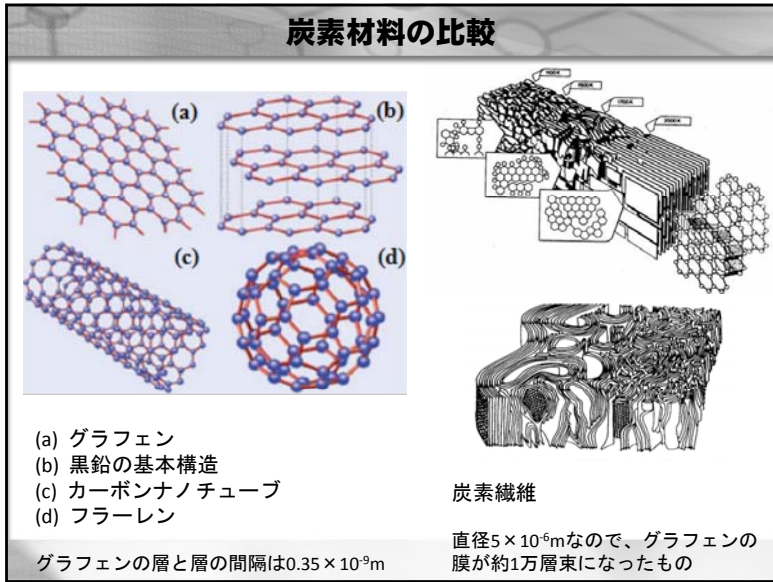
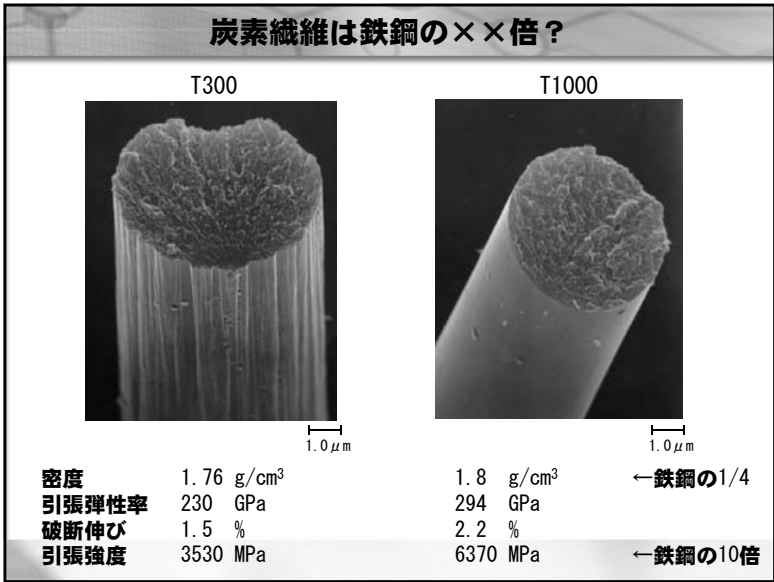
特殊機能

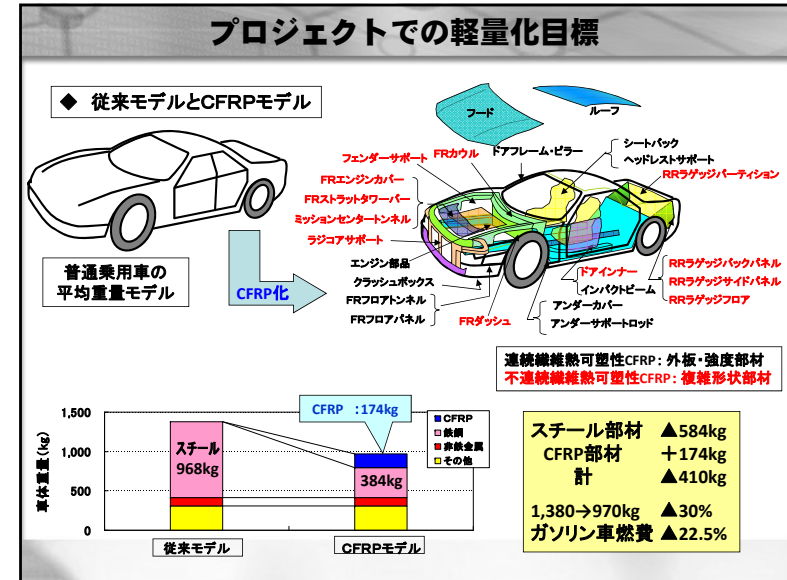
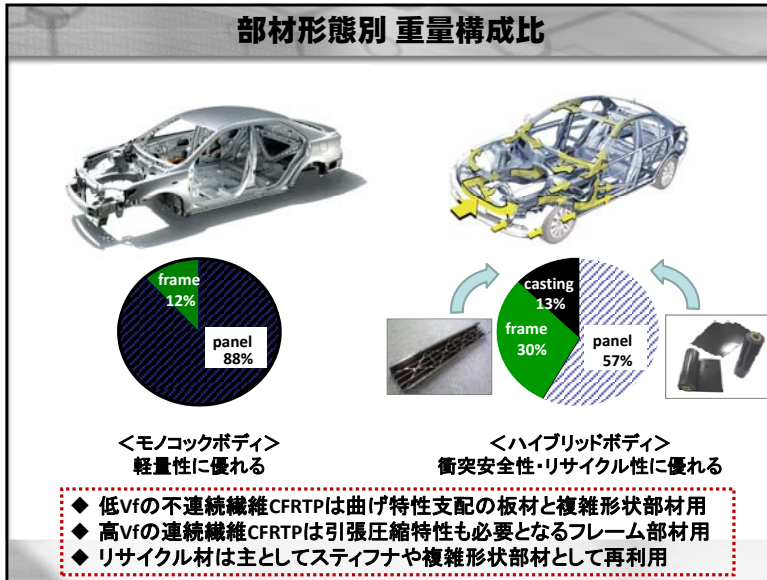
CFRPで内圧700気圧を実現
CFRP 燃料電池 CFRP

軽量電極材として利用

(CNG: Compressed Natural Gas、圧縮天然ガス) (CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics、炭素繊維強化プラスチック)

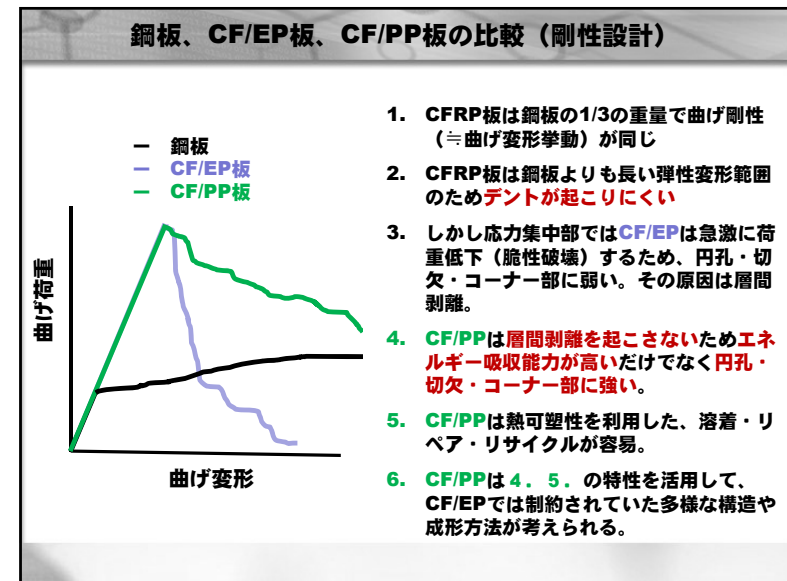
炭素繊維は使用時の環境負荷低減およびクリーンエネルギー製造に貢献





CF/PPで重さが3分の1になる仕組み

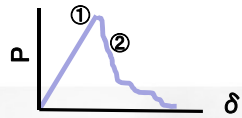
	鉄鋼板	CF/PP板	鉄鋼板比
弾性率 (E)	$E_s = 200\text{GPa}$	$E_c = 25\text{GPa}$	1/8
厚さ (t)	t	2t	2
体積 (V _{occ})	V	2V	
曲げ剛性 (E _I ∝ E _t ³)	$E_s t^3$	$E_c (2t)^3$	1
たわみ (δ ∝ P/EI)	荷重 (P) → δ	荷重 (P) → δ	1 曲げ変形量が同じ
表面のひずみ (ε)	ε	2ε	2
表面の応力 (σ)	$\sigma_s = E_s \cdot \varepsilon$	$\sigma_c = E_c \cdot 2\varepsilon$	1/4
座屈強度	$P_s = \pi^2 E_s I_s / L^2$	$P_c = \pi^2 E_c I_c / L^2$	1
密度 (ρ)	7.8	1.3	1/6
質量 (W)	7.8V	1.3*2V	1/3



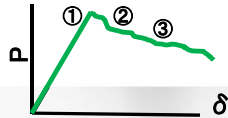
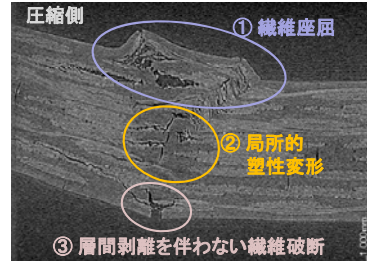
熱硬化性CFRPと熱可塑性CFRPでの破壊メカニズムの相違

曲げ部材の破壊プロセス比較

熱硬化性CFRP



熱可塑性CFRP



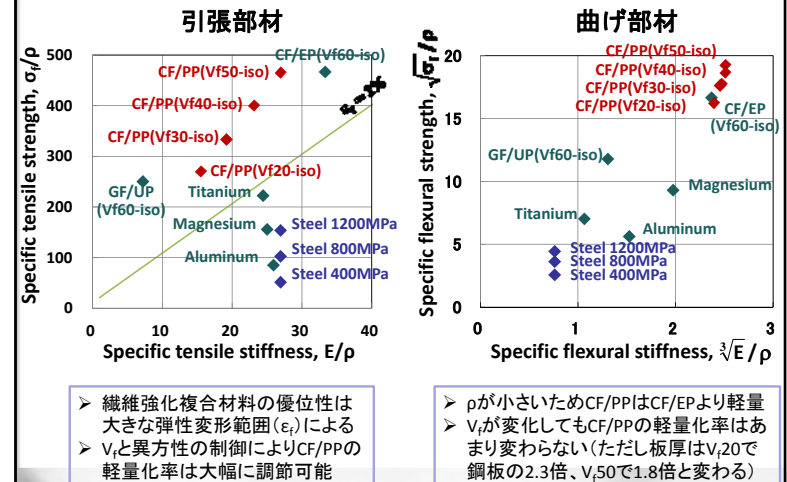
継ぎ手・コーナー部での熱硬化性CFRPと熱可塑性CFRPの相違

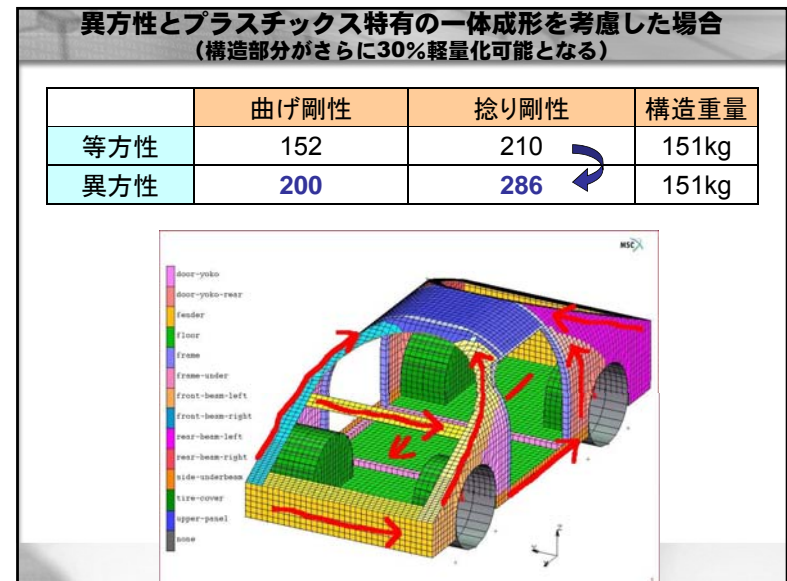
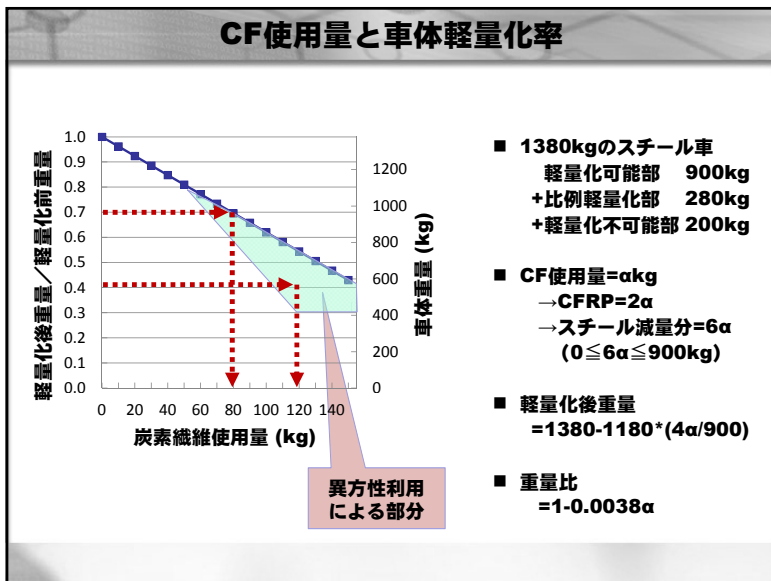
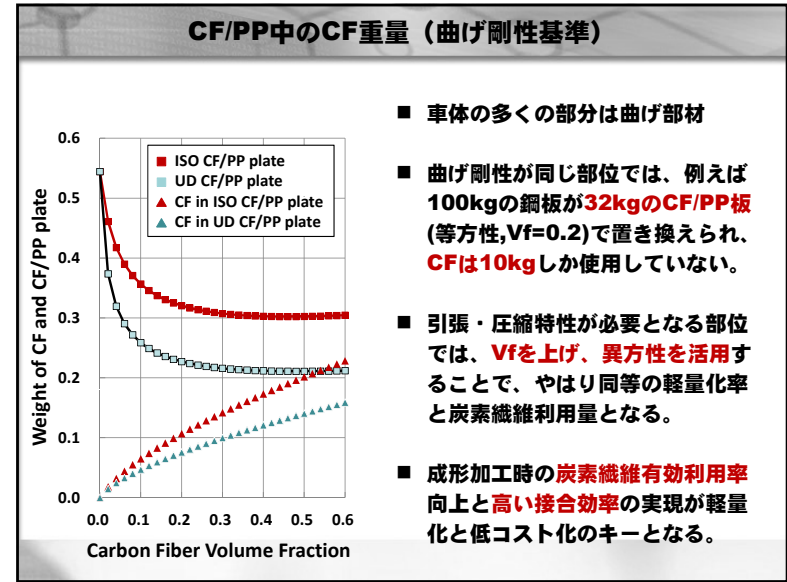
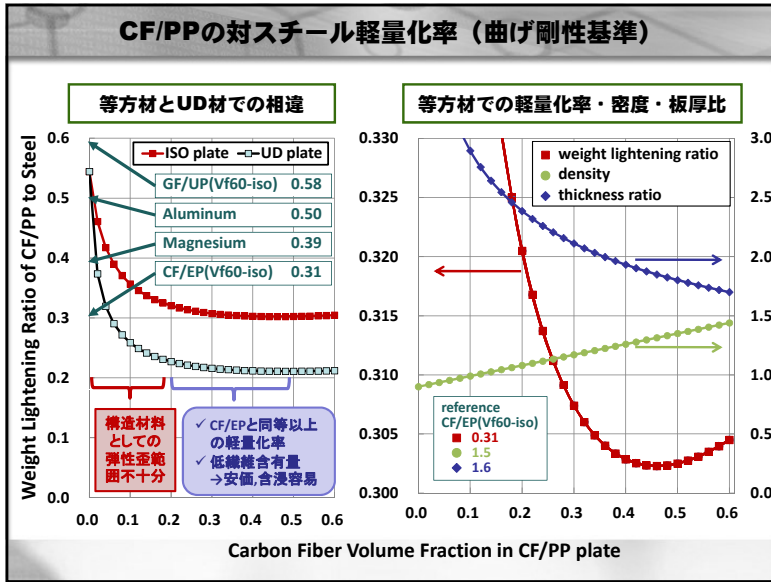
	熱硬化性CFRP	熱可塑性CFRP
接着接合	接着剤 × 解体性 ○ 加工性 △ 信頼性 → 一体成形指向で設備大型化	熱融着 △ 解体性 ○ 簡便、高速 (数秒) ○ 接合部強度 > 母材強度 → 小さく作って、高速接合！
ボルト接合	○ 解体性 × 孔空け加工時に層間剥離 × 繊維切断、応力集中 → メタルインサートなど厚肉化 → 重量、製造時間、コスト増	○ 解体性 ○ 孔空け加工時に層間剥離無し △ 繊維切断、応力集中するが破壊は延性的 → インサート不要 → 重量、製造時間、コスト減 → 高信頼部、異材接合に活用
コーナー部	× 応力集中、層間剥離対策 → 構造が複雑・厚肉・重量化	○ メタルと同様な設計可能 → 構造の簡素化・軽量化

剛性設計部材と強度設計部材の軽量化指標

	引張部材	曲げ部材
剛性設計	変形特性(剛性)が同じ 引張剛性(EA) $Et = E^*t^*$	曲げ剛性(EI) $Et^3 = E^*t^{*3}$
	軽量化率(*は比較材) $W/W^* = \rho t / \rho^* t^*$	軽量化指標 (大きいほど軽い) 比引張剛性 E/ρ
強度設計	強度特性(破壊荷重)が同じ 引張強度($\sigma_f A$) $\sigma_f t = \sigma_f^* t^*$	曲げ強度($\sigma_f I / (t/2)$) $\sigma_f t^2 = \sigma_f^* t^{*2}$
	軽量化率(*は比較材) $W/W^* = \rho t / \rho^* t^*$	軽量化指標 (大きいほど軽い) 比曲げ強度 $\sqrt{\sigma_f / \rho}$
記号	L [m]: 板の長さ (=一定), b [m]: 板幅 (=一定), t [m]: 板厚, A [m ²]: 断面積 (=bt), I [m ⁴]: 断面二次モーメント (=bt ³ /12), E [GPa]: ヤング率, σ_f [MPa]: 強度, W [kg]: 質量 (=ρLbt), ρ [g/cm ³]: 密度	

各種構造用材料の軽量化指標 (比強度・比剛性) 比較





FRPは型代が安く多品種少量生産には圧倒的に有利

→ 量産には成形速度（と3R性）の抜本的改善が不可欠

車体軽量化率と生産速度のトレードオフ関係

現状 (平均重量1380kg、年産20万台^{*1})
^{*1}1800台/日=50台/時間=型占有時間1分

省エネ対策
温暖化対策
EV化

年産500万台
=20万台×250

コンセプトカー (重量1/3、年産?台)
By 熱硬化性CFRPによる一体成形

熱硬化性CFRP
◎ 超軽量
◎ 部品数削減
× 成形速度
× コスト
× リサイクル
? 信頼性

プロジェクトの目標 (30%軽量化、年産20万台)
By 熱可塑性CFRPによる部材置換成形

熱可塑性CFRP
◎ 超軽量性
◎ 成形速度
◎ トータルコスト
◎ リサイクル
◎ 信頼性

可能性
◎ 新規格要素
○ 新規格要素
○ 新規格要素
○ 新規格要素

シートorテープ状中間基材による部材置換
 ◎ 高速プレス成形と好相性 → 早期普及
 ◎ 自動車以外への展開 → 技術の波及
 ◎ 技術優位性の確保 → 競争力

- 省エネ・温暖化対策としての**即効性高** / EU廃棄物指令 (**埋立禁止**)にも対応可能
- EV等**エコカーの低コスト化・普及**に寄与 / レアメタル使用量削減、充電時間短縮etc.
- 60%軽量車 (異方性活用、一体成形、年産20万台)の基盤

サステナブルハイパーコンポジット技術の開発

2008 - 2012fy / NEDO, METI
予算総額約40億円

- CF/PP, CF/PA 中間基材の開発**
 - CF-TP界面最適化技術
 - 繊維配向、樹脂含浸技術
 - 連続繊維 & 不連続繊維中間基材
- ハイサイクル成形技術**
 - 連続プレス成形技術
 - 内圧成形技術
- 接合技術**
 - CFRTP同士の接合
 - メタルとの接合
- リペア・リサイクル技術**

Conventional technology vs. Developed technology

Interfacial bonding strength with carbon fiber: 50% increase

Highly enhanced resin content

Goal: 50% increase in bonding strength

Outstanding: Highly enhanced resin content

Highly enhanced resin content

Examples of nanostructural alloys

サステナブルハイパーコンポジット技術の開発 (2008-12)

実施者

経済産業省
THE UNIVERSITY OF TOKYO
‘TORAY’ Innovation by Chemistry
MITSUBISHI RAYON CO.,LTD.
TOYOBO
タカギセイコー

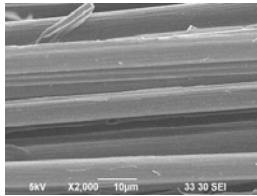
山形大学
東北大学
静岡大学
京都工芸繊維大学

推進委員

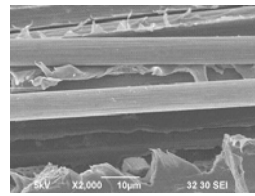
K.I.T. 金沢工業大学
Kyoto University
Venture labo
Hitachi Chemical
HONDA
NISSAN
TOYOTA

NEDO
PL 東京大学 高橋淳

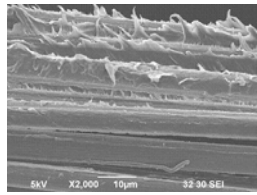
炭素繊維と熱可塑性樹脂の界面接着性向上



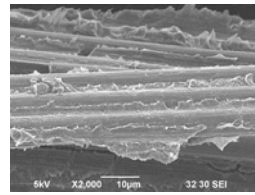
Normal CF
+ PP without modification



Special treated CF
+ PP without modification



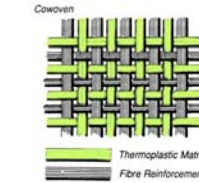
Normal CF
+ PP with modification



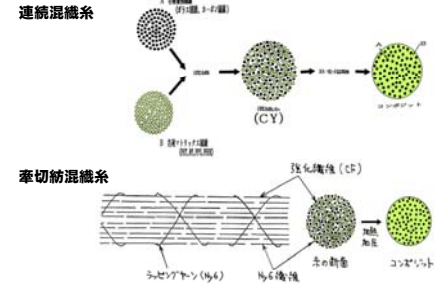
Special treated CF
+ PP with modification

F RTP (繊維強化熱可塑性樹脂) 開発の歴史

Cowoven (混交織)



Commingled Yarn (混織系)



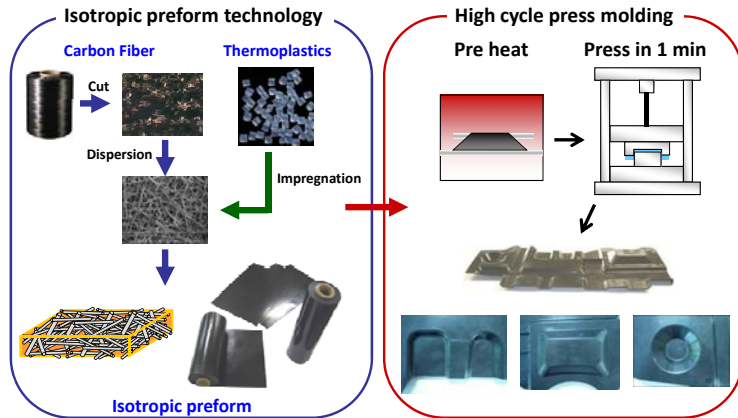
パウダー担持



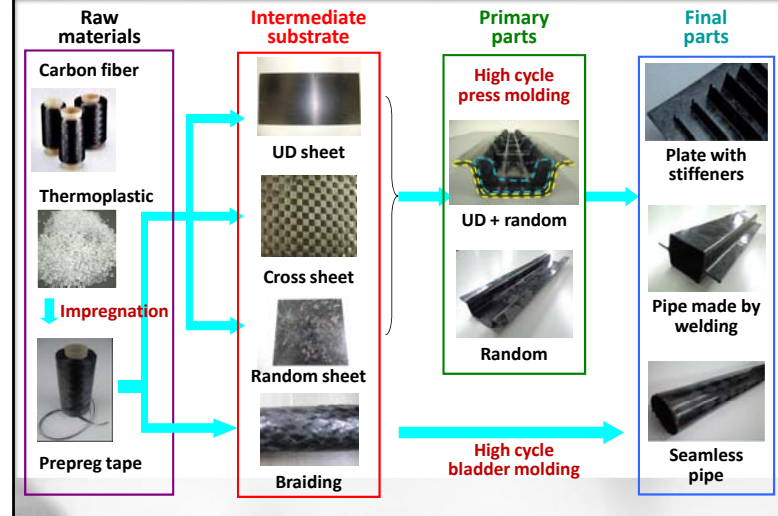
非含浸タイプの中継基材・プリプレグでは・・・
 > 成形 (含浸+賦形) に高圧・長時間が必要
 > 成形不良 (残存ポイド) により高性能が出ない
 → 量産車には**既含浸**で**高接着**の**プリプレグ**が不可欠

出典：元TOYOBO山根正睦氏の資料に著者加筆

不連続繊維による中間基材



一方向性CF RTPの多様な中間基材、製品



樹脂、熱可塑性FRPの各種溶着方法

熱板溶着

振動溶着

超音波溶着

抵抗溶着

誘導溶着

熱硬化性CFRPと熱可塑性CFRPの接合方法の相違

熱硬化性CFRP: ボルト(繊維材に不利)、接着剤(高価、品質保証が手間)

熱可塑性CFRP: 熱融着(簡便で、しかも母材よりも接合部のほうが高性能)

接合部で繊維が絡み、繊維体積含有率も母材よりも高くすることができる

軽いだけではない ～CFRTPの魅力と課題～

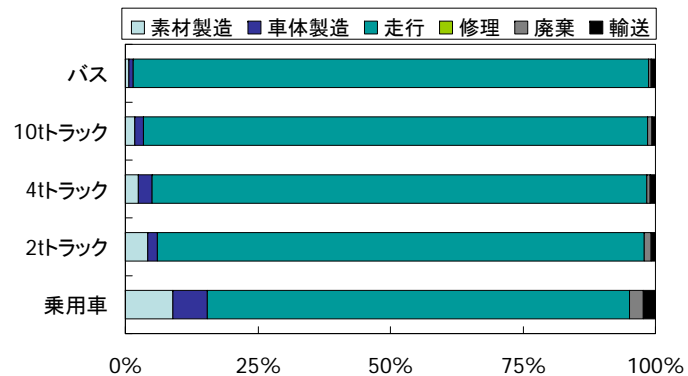
- コスト低減のためのCFRTP技術
 - CFRPが高いのは炭素繊維のせいではない
 - トータルコストでスチール車に迫る
- CFRTPで車はどこまで軽く、安全にできるか(乗員+歩行者保護)
 - 軽量ゆえに、より耐衝突性を向上(コンパティビリティ)
 - 凹みにくい材料特性を活かし、歩行者の頭部損傷度低減
- 部材製造速度と軽量化率のトレードオフ関係
 - プレス機など大型成形加工装置の占有時間を1分に
 - スポット接合による高速アSEMBル
- **環境負荷・3R(LCA, リペア, リサイクル)でもCFRTPは優等生**
 - 運転時の低下はあたり前。部材製造時もスチール以下に
 - 高度リサイクルにより、業種内での素材の再利用
- 次世代炭素繊維技術戦略とのリンク

炭素繊維のインベントリーデータ

- 標準グレードのPAN系炭素繊維のインベントリーデータは、東レ、東邦テナックス、三菱レイヨンの生産データをもとに、5年ごとに見直されている。
- インベントリーデータとそれを用いた車・飛行機・風車のLCA結果が炭素繊維協会のホームページに掲載されている。
 - ✓ <http://www.carbonfiber.gr.jp/index.html>

	Energy (MJ/kg-CF)	CO ₂ (kg/kg-CF)	SO _x (kg/kg-CF)	NO _x (kg/kg-CF)
First data at 1999	478.5	29.7	0.068	2.009
Recalculated data at 2004	285.9	20.5	0.02	0.146
Recalculated data at 2009	286	22.4	0.019	0.121

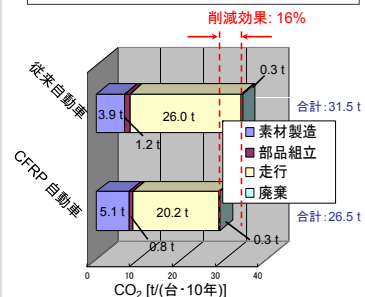
自動車のライフサイクルにおけるエネルギー消費量



出典: J. Kasai, "Experiences and Thoughts About Life Cycle Assessment in the Automotive Industry in Japan", The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol.5, No.5, p.316 (2000)

自動車・航空機のCFRPによる軽量化効果LCA (炭素繊維協会2008)

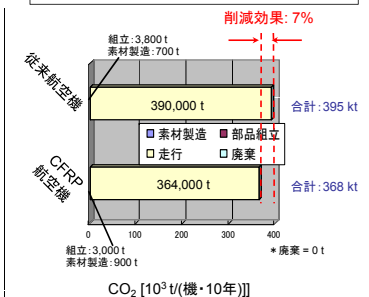
自動車 (CF 0.1トン使用→30%軽量化)



▲0.5 t-CO₂ 削減 / (台・年)
 ▲50t-CO₂ (10年) / 1t-CF利用

日本の乗用車保有台数: 4200万台
 (軽自動車を除く、出典: 自工会)
 ↓
 ▲2100万t-CO₂/年 by 42万t-CF利用/年

航空機 (CF 18トン使用→20%軽量化)

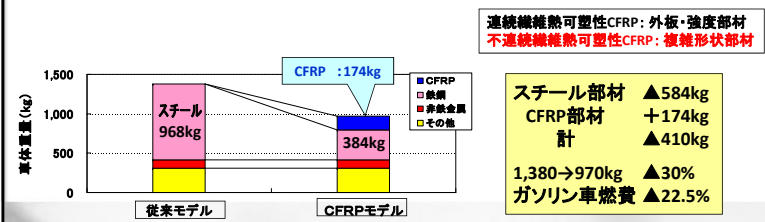
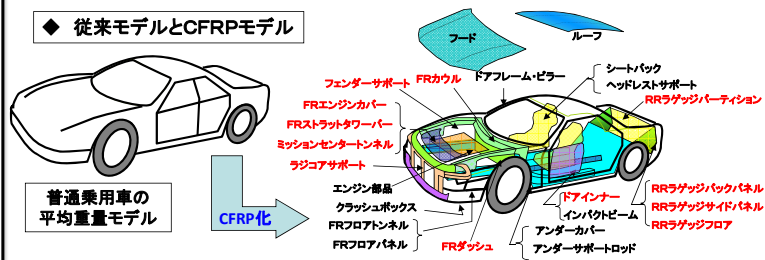


▲2,700 t-CO₂ 削減 / (機・年)
 ▲1500t-CO₂ (10年) / 1t-CF利用

日本のジェット旅客機保有数: 430機
 (100席以上、出典: JAL, ANA)
 ↓
 ▲120万t-CO₂/年 by 800t-CF利用/年

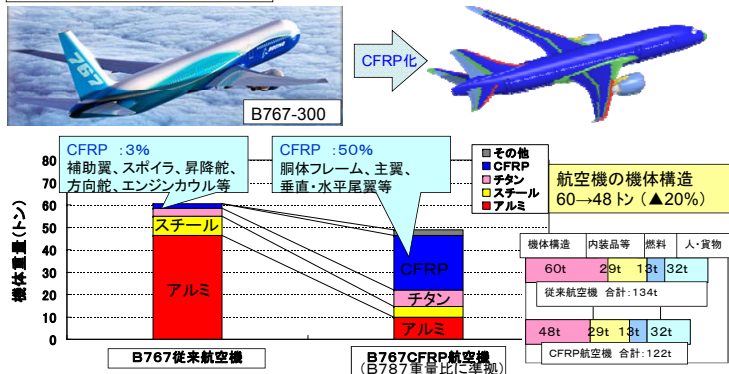
プロジェクトでの軽量化目標

◆ 従来モデルとCFRPモデル

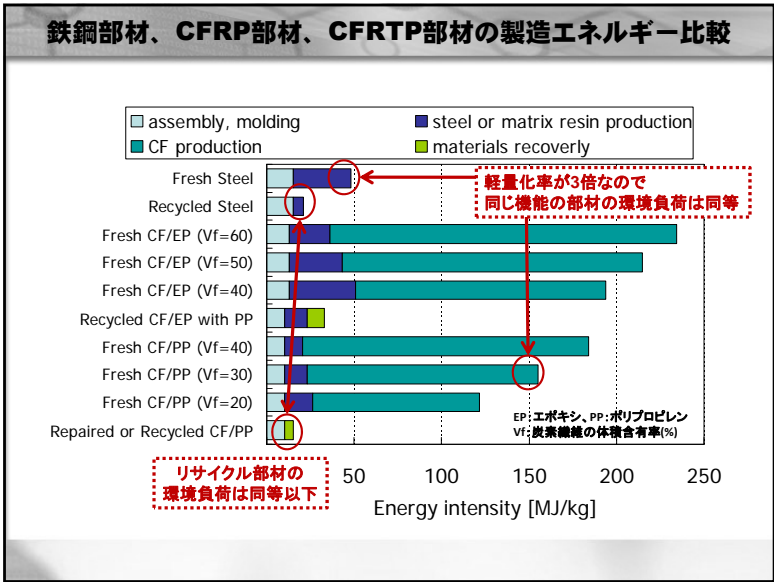
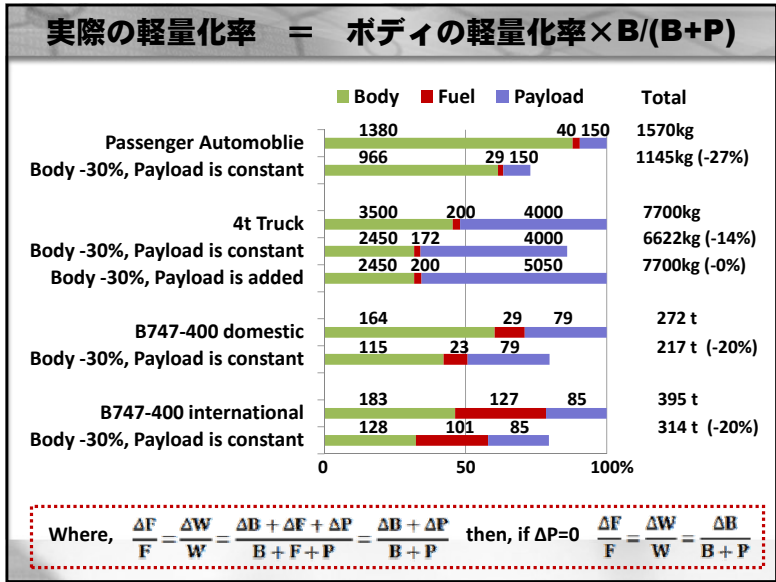


航空機LCA “炭素繊維協会モデル”

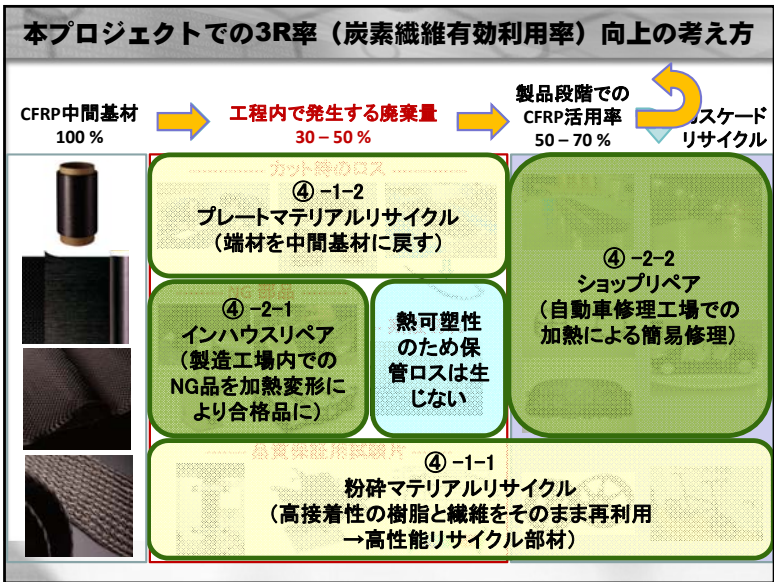
◆ 従来モデルとCFRPモデル

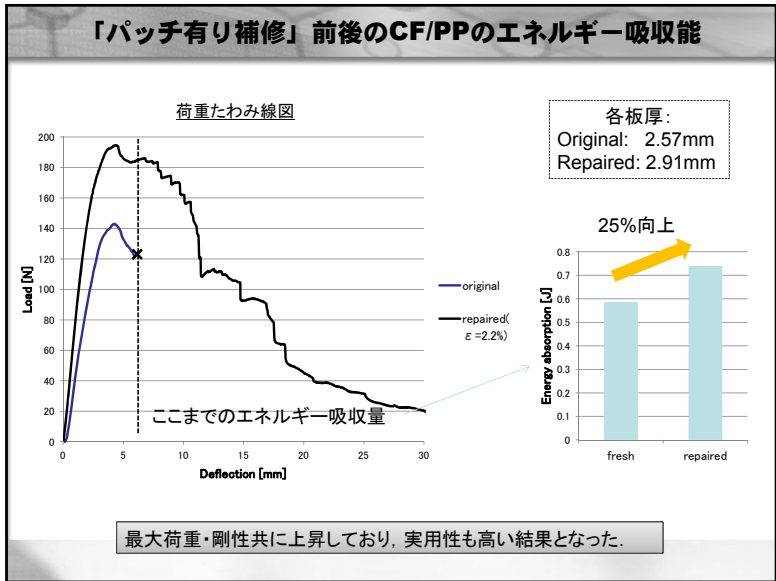
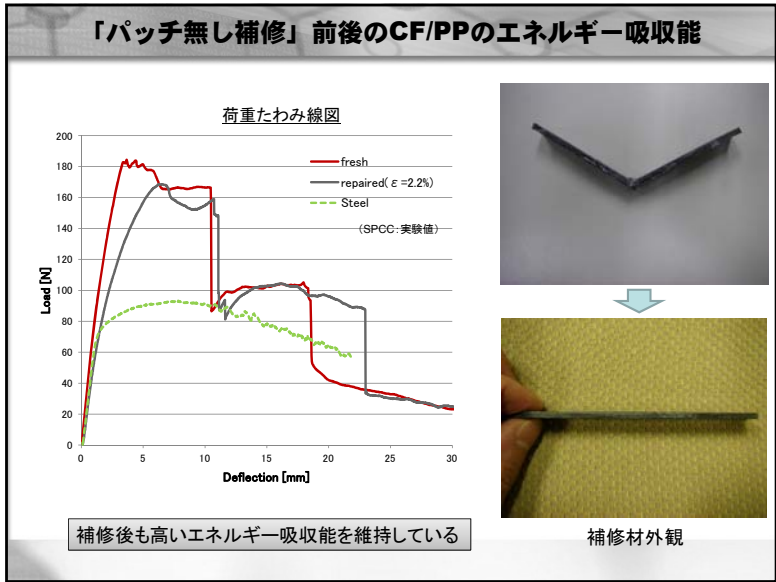
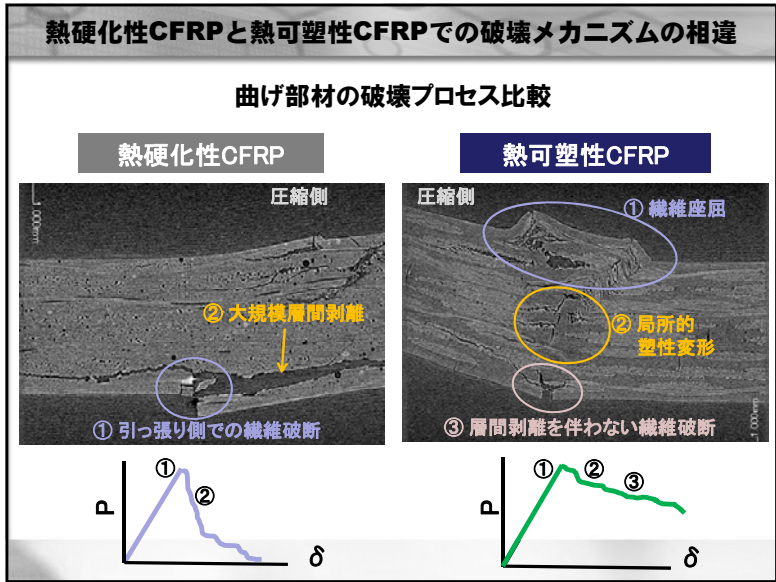


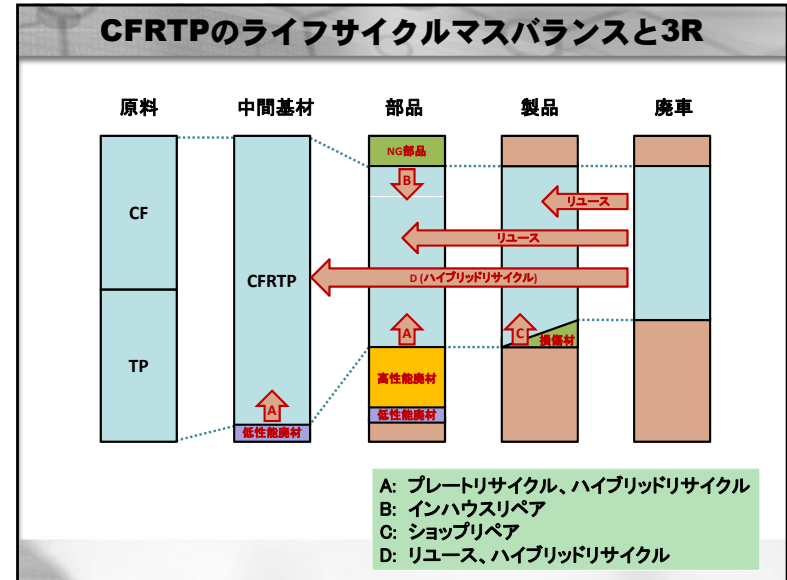
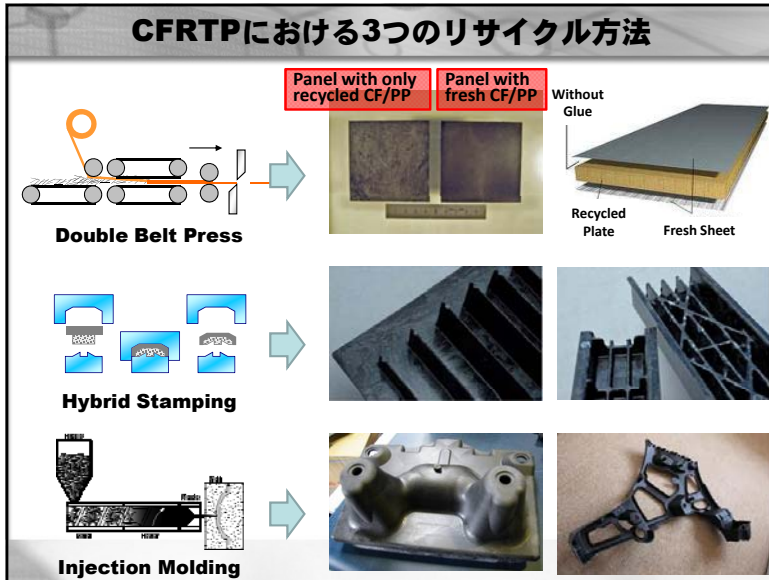
主流となる中型機において、CFRP50%適用により機体構造重量を20%軽量化可能 (総重量としては、9%の軽量化に相当)



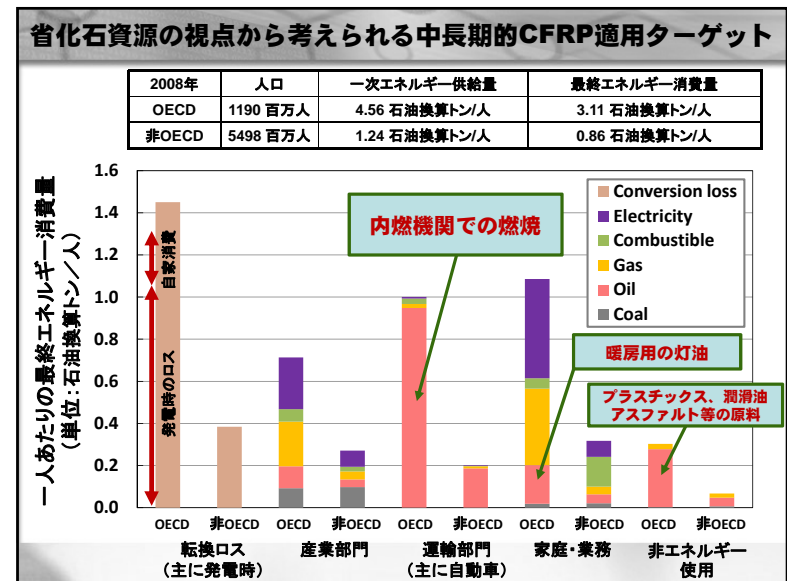
- ### 熱可塑性CFRPの特徴
- 層間剥離が起こらない → 破壊が延性的
 - 加熱で簡単に接合・修理（性能回復）できる
(必要に応じてパッチをあてる)
 - 歩留まり材を成形用シートに再利用できる
 - リサイクル材の性能が高い → 業種内再利用を目指す



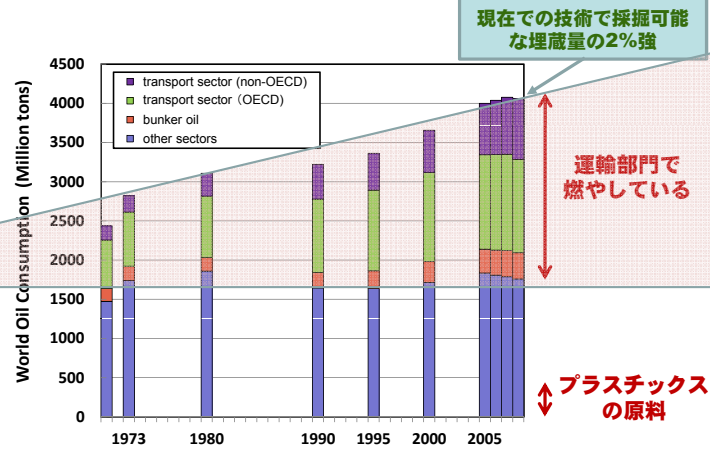




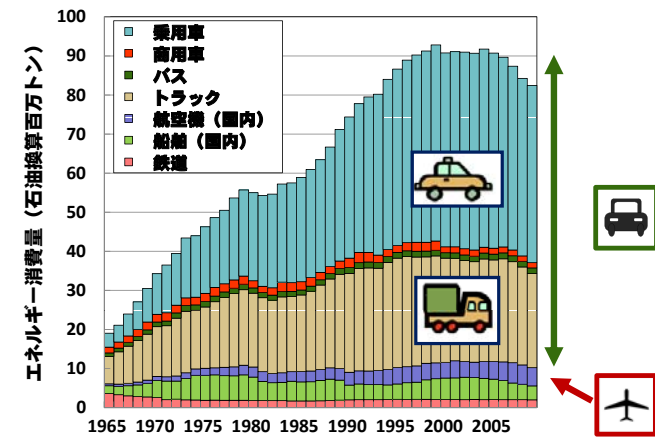
- ### 軽いだけではない ～CFRTPの魅力と課題～
- コスト低減のためのCFRTP技術
 - CFRTPが高いのは炭素繊維のせいではない
 - トータルコストでスチール車に迫る
 - CFRTPで車はどこまで軽く、安全にできるか (乗員+歩行者保護)
 - 軽量ゆえに、より耐衝突性を向上 (コンパティビリティ)
 - 凹みにくい材料特性を活かし、歩行者の頭部損傷度低減
 - 部材製造速度と軽量化率のトレードオフ関係
 - プレス機など大型成形加工装置の占有時間を1分に
 - スポット接合による高速アSEMBル
 - 環境負荷・3R (LCA, リペア, リサイクル) でもCFRTPは優等生
 - 運転時の低下はあたり前。部材製造時もスチール以下に
 - 高度リサイクルにより、業種内での素材の再利用
 - 次世代炭素繊維技術戦略とのリンク
 - 炭素繊維の安定供給とCFRTP関連技術開発の必要性



世界の石油消費量に占める運輸部門の推移



日本の運輸部門におけるエネルギー消費量の推移



自動車の走行抵抗

走行抵抗 = ころがり抵抗 + 空気抵抗 + 加速抵抗 + 勾配抵抗

$$\Sigma F_w = (m_g) g \cdot f_R + \rho_L \cdot A \cdot c_w \cdot v^2 / 2 + b \cdot (m_g + \Sigma m_{rot}) + (m_g) g \cdot \sin \alpha$$

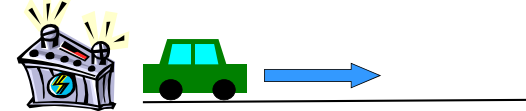
$$\Sigma F_w = \underbrace{F_R}_{\sim 35\%} + \underbrace{F_L}_{\sim 25\%} + \underbrace{F_B}_{\sim 40\%} + F_{St}$$

~ 75% = F (m)

- 走行抵抗の約75%が車両重量に比例する(図中 m_g は車両総重量、 m_{rot} は回転部分相当重量)ので、40%軽量化により30%の燃費向上が期待できる。
- さらに、車両総重量に占めるバッテリーの重量の大きい電気自動車では、軽量化率に比例してバッテリーを軽くできるので軽量化率以上の燃費向上となる。

EV, PHEVの軽量化効果

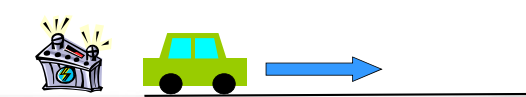
スチール製EV



超軽量EV (航続距離延長 → ユーザー拡大)

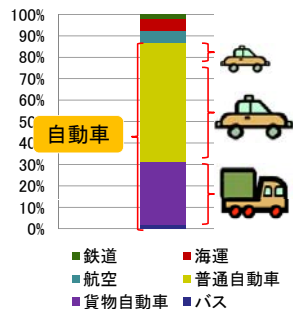


超軽量EV (二次電池搭載量の低下 → 低コスト化+さらなる軽量化)



なぜPHEVか？

エネルギー消費量内訳('06)
(日本の運輸部門)



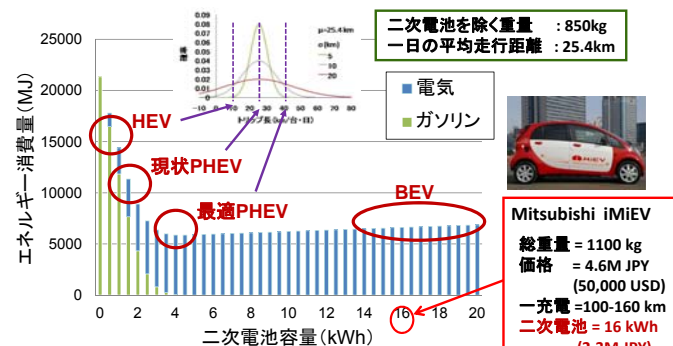
現状ではEVは小さい自動車に限定される。

PHEVはほぼすべての自動車に適用可能。

即効的対策技術はPHEVではないか



軽PHEVのエネルギー消費構造

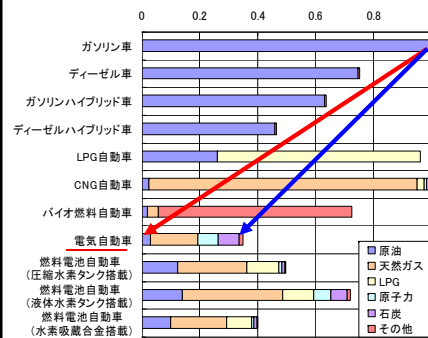


■ PHEVには車体重量と平均走行距離で決まる**最適二次電池容量**がある。

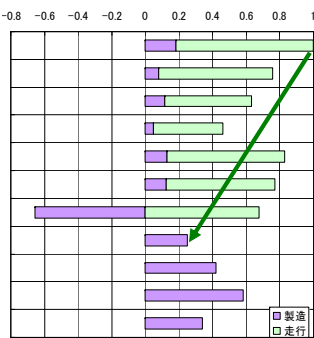
- 最適二次電池容量にすると、車両が高価になり**普及しない**。
- 普及のため二次電池容量を減らすと、**省エネ効果が小さい**。

自動車の効率向上の可能性 (一次エネルギー別表示)

エネルギー消費量(ガソリン車=1)
の一次エネルギー別表示

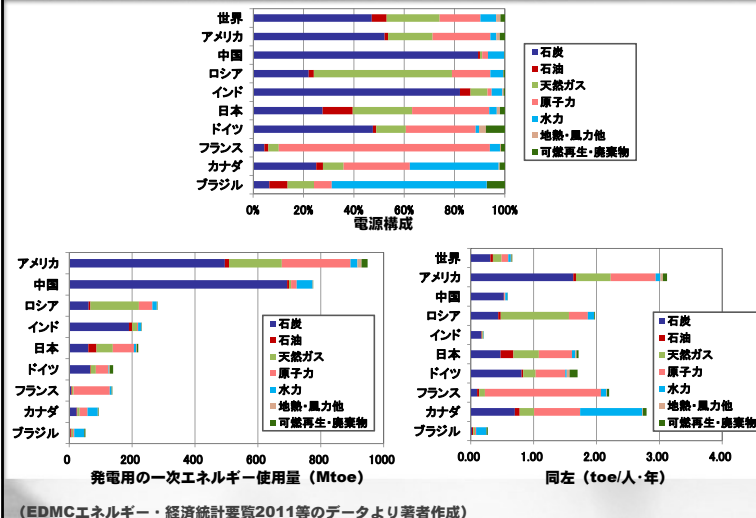


CO₂排出量(ガソリン車=1)
の工程別表示



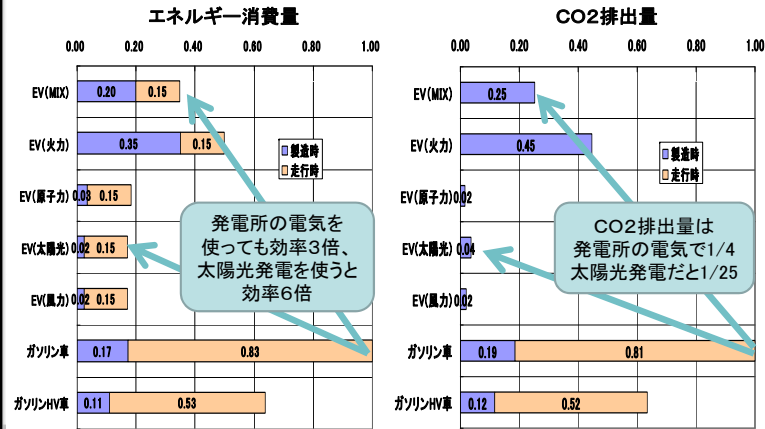
省エネルギー・脱石油・環境負荷低減効果が大いなのは電気自動車

世界の発電用エネルギー構成



電気自動車の効率向上の可能性（電源による違い）

WtW分析比較（ガソリン車=1）

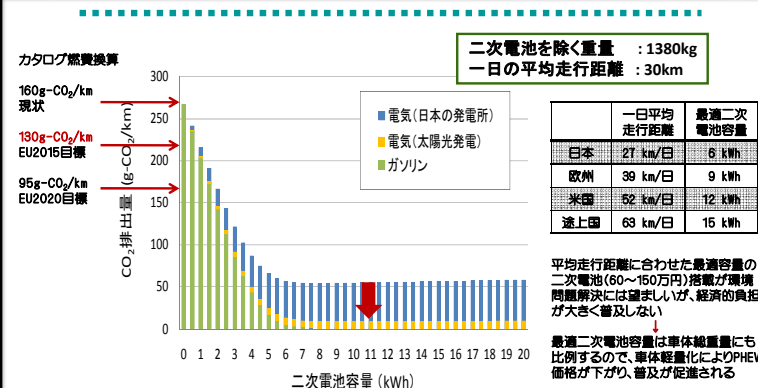


国別の発電時のCO₂排出量

国名	発電時のCO ₂ 排出係数 (kg-CO ₂ /kWh)	日本の排出係数との比較	太陽光発電との比較
太陽光発電	0.053	0.14	1.0
フランス	0.069	0.18	1.3
日本	0.375	1.00	7.1
EU	0.420	1.12	7.9
イギリス	0.564	1.50	10.6
アメリカ	0.712	1.90	13.4
ロシア	0.927	2.47	17.5
中国	1.034	2.76	19.5
インド	1.490	3.97	28.1

CO₂排出量削減の観点からは、インド、中国、ロシアでは最適化したPHEVでも効果は小さく、太陽光発電の導入効果がより顕著になる

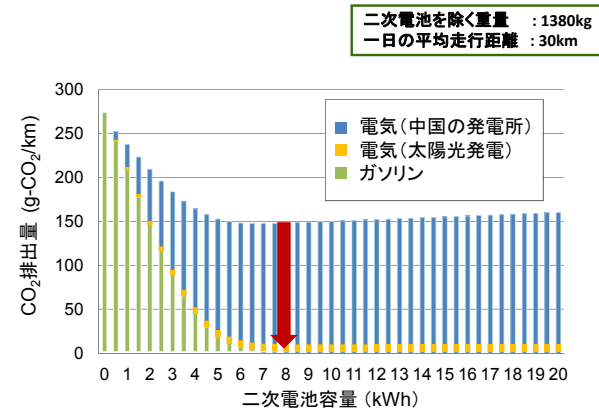
乗用PHEVのCO₂排出構造

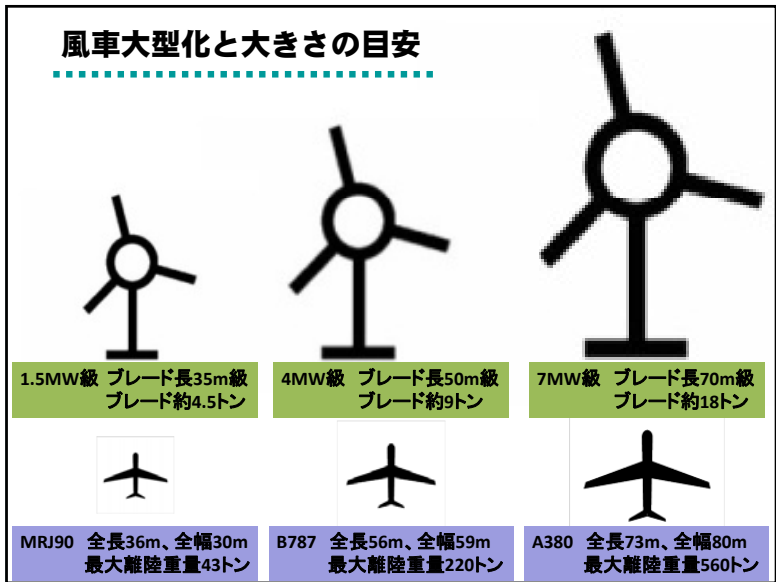
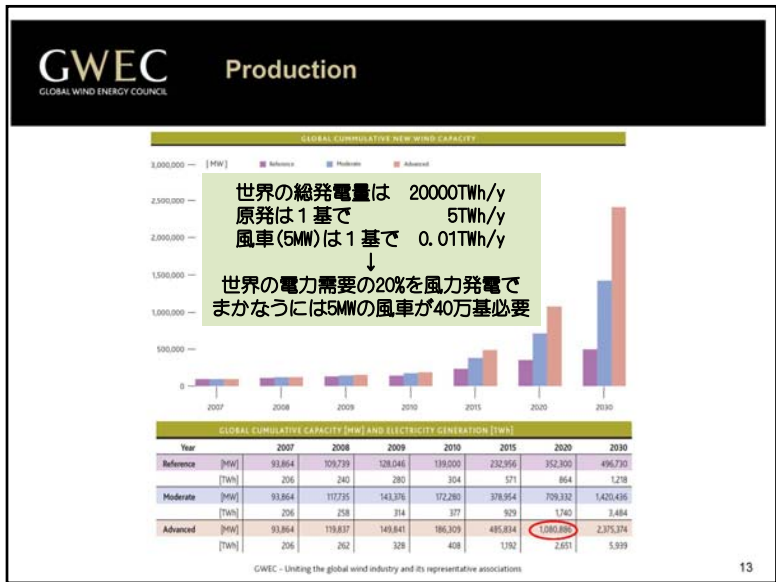
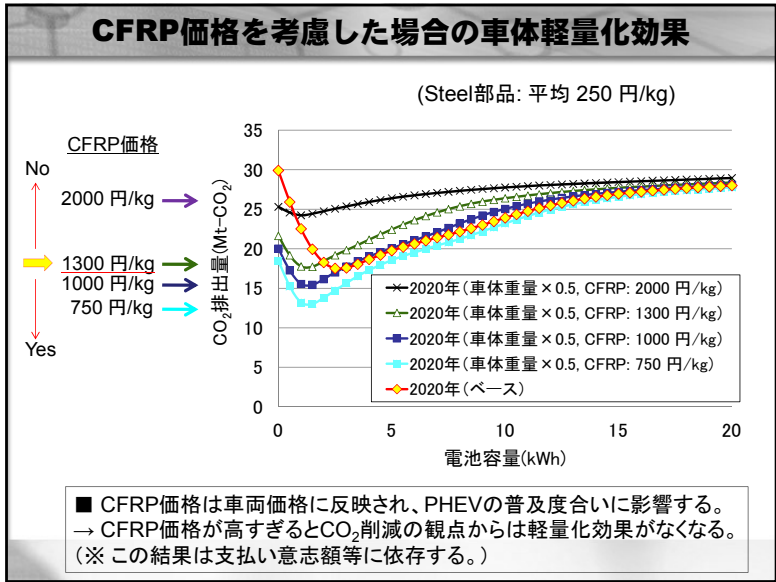
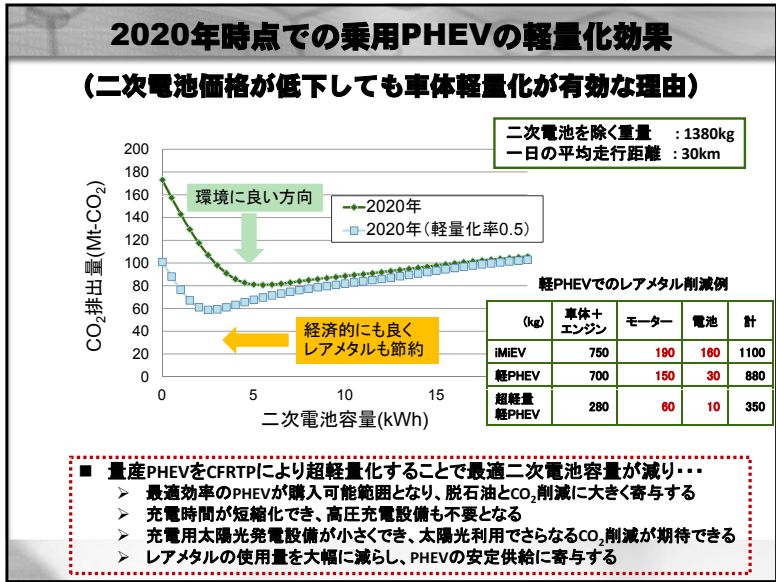


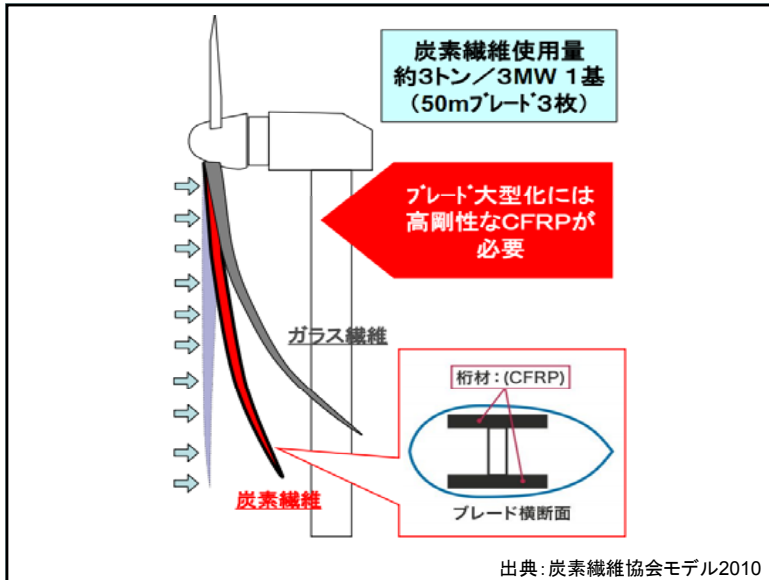
太陽光発電とPHEVの組合せによるCO₂削減効果は顕著

- 3平米の太陽光パネルで毎日2kWh発電するので、実現の可能性は大
- この効果を発現させるためにも最適二次電池容量の搭載が不可欠

中国でのPHEVのCO₂排出量







用途ごとの世界の炭素繊維需要ポテンシャル

	単位	自家用車	トラック	風車ブレード	旅客機
保有量	万台	7,000@2010	2,600@2010	12@2010	1.5@2010
		10,000@2030	3,800@2030	100@2030	3.0@2030
		13,000@2050	5,000@2050	150@2050	4.5@2050
年間生産量	万台	530@2010	200@2010	2.5@2010	0.06@2010
		750@2030	300@2030	5.0@2030	0.12@2030
		1,000@2050	400@2050	6.0@2050	0.18@2050
1台あたりの炭素繊維需要量	トン	0.1	0.4	4	25
炭素繊維の年間需要量	万トン	530@2010	800@2010	10@2010	1.5@2010
		750@2030	1200@2030	20@2030	3.0@2030
		1000@2050	1600@2050	24@2050	4.5@2050
工場ごとの生産量	1年	20,000	5,000	5000	300
	1日	800	200	20	1.2
	1時間	50	13	1.25	0.075
理想的な量産プラント数		265@2010	400@2010	5@2010	2@2010
		375@2030	600@2030	10@2030	4@2030
		500@2050	800@2050	12@2050	6@2050
プラントごとの炭素繊維需要量	万トン	2	2	2	0.75

用途ごとの世界の炭素繊維需要ポテンシャル

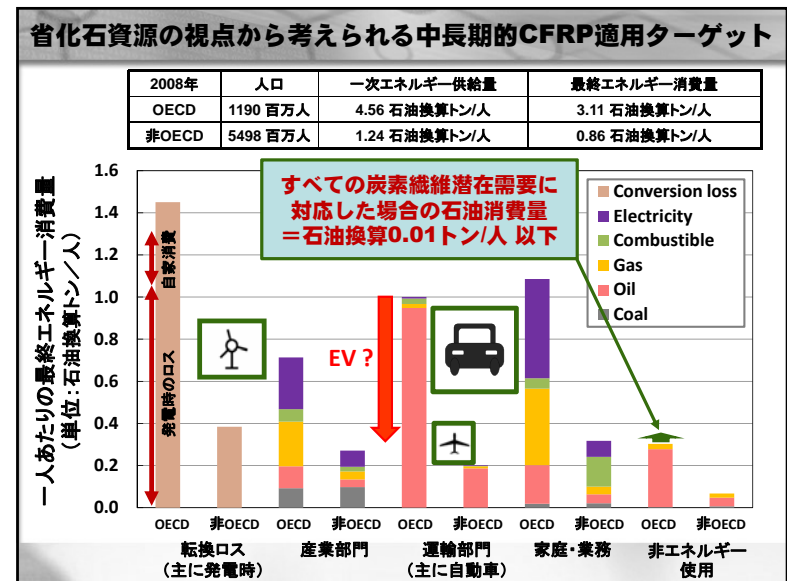
	単位	自家用車	トラック	風車ブレード	旅客機
保有量	万台	7,000@2010	2,600@2010	12@2010	1.5@2010
		10,000@2030	3,800@2030	100@2030	3.0@2030
		13,000@2050	5,000@2050	150@2050	4.5@2050
年間生産量	万台	530@2010	200@2010	2.5@2010	0.06@2010
		750@2030	300@2030	5.0@2030	0.12@2030
		1,000@2050	400@2050	6.0@2050	0.18@2050
1台あたりの炭素繊維需要量	トン	0.1	0.4	4	25
炭素繊維の年間需要量	万トン	530@2010	800@2010	10@2010	1.5@2010
		750@2030	1200@2030	20@2030	3.0@2030
		1000@2050	1600@2050	24@2050	4.5@2050
工場ごとの生産量	1年	20,000	5,000	5000	300
	1日	800	200	20	1.2
	1時間	50	13	1.25	0.075
理想的な量産プラント数		55@2010	400@2010	5@2010	2@2010
		75@2030	600@2030	10@2030	4@2030
プラントごとの炭素繊維需要量					

炭素繊維生産能力の抜本的向上が不可欠

経産省PJ 2011-2015

CFRP生産速度の抜本的向上とリサイクル性の付与が不可欠

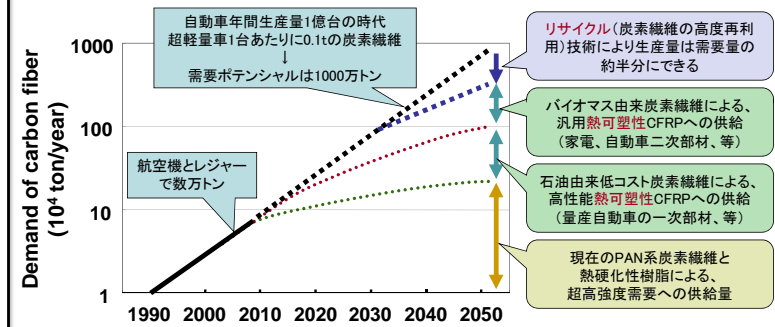
経産省PJ 2008-2012



基礎素材の世界生産量

- 粗鋼生産量：約14億トン
 - コークス用原料炭使用量：約7億トン（一人0.1トン）
 - 世界の石炭消費量：約33億トン（うち約25億トンは燃料）
- プラスチック生産量：約2.5億トン
 - プラスチック生産用の石油使用量：約5億トン
 - 世界の石油消費量：約40億トン（うち約21億トンは交通）
- 炭素繊維の生産量：約4万トン
 - 仮に炭素繊維を1千万トン生産しても、その原料の石油は約2千万トンで、プラスチック総生産量の10分の1以下、石油消費量全体の200分の1。
 - 2千万トンの石油を使って炭素繊維を作り、石油消費量を10～20億トン削減しようというもの。

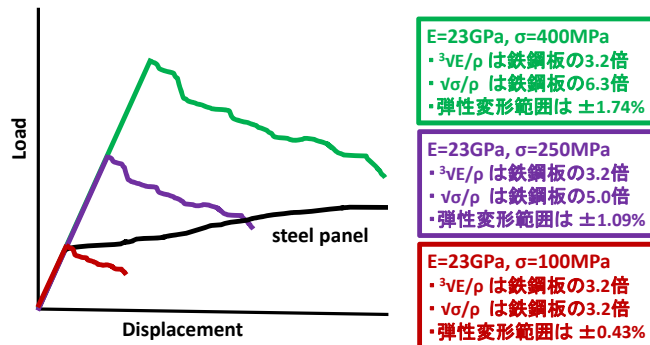
炭素繊維の需要予測からバックキャストされる重要技術



上図から導かれる今後の炭素繊維関連重要課題

	関連する未解決技術	周辺の新技術等	学術的新課題
川中～下	熱可塑性樹脂用の炭素繊維界面技術 超高速加工・組立技術	熱可塑性の構造設計技術 新規加工法の世界標準化	熱可塑性樹脂の繊維強化理論 信頼性評価、加工性評価
川上	炭素繊維の革新的大量製造技術 (非可食バイオマス原料も含む)	高度リサイクル技術 炭素繊維関連世界標準化	IT・ヘルスモニタとの融合 軽量化+αの付加価値創造

プロジェクトの開発技術の汎用性



- 界面制御によりCFR(T)Pの破壊が十分に延性的になれば、強度(=最大荷重)はそれほど大きな問題とはならず、適材適所の強度目標値が設定できる。
- 今後、様々なプリカーサーと製法の炭素繊維の出現が予想されるが、プロジェクトでの中間基材化技術と成形加工技術はこれらに対しても使用可能。

ご静聴ありがとうございました。

質問は → jun@sys.t.u-tokyo.ac.jp

