

炭素繊維および他の繊維 複合材料 No4

2013/11/24 第3版
(2012/10/16 第1版)

MTO技術研究所 所長
梶井捷平

e-mail: smmasui@kinet-tv.ne.jp

UR1 http://www.geocities.jp/masui_shohei/

UR2 <http://www.geocities.jp/masuisk/>

3Y24作成

具体的な資料構成

- | | |
|---|-----|
| 1. 繊維複合材料に用いられる繊維 | No1 |
| 2. 炭素繊維(CF)、炭素繊維複合材料の概要 | No1 |
| 3. 炭素繊維複合熱硬化性材料(CFRP)とその成形方法 | No1 |
| 4. 長繊維複合熱可塑性材料(LFRTP)とその成形方法
CFRTP中心であるが、GFRTPなども含む。 | |
| 4. 1 LFRTPの成形方法概要 | No2 |
| 4. 2 長繊維ペレット(LFP)およびLFPからの成形 | No2 |
| 4. 3 インライン長繊維コンパウンド(LFP-D)の作成と成形
の連続成形 | No2 |
| 4. 4 繊維織物、マット等と樹脂の直接一体成形 | No2 |
| 4. 5 シート(プリプレグ)の成形と、シートからの成形 | No3 |
| 4. 6 シートからの膨張成形 | No3 |
| 5. CFRP、CFRTPを使用するコンセプトカー、試作車、量販車 | No4 |
| 6. CFRP、CFRTPの二次加工、リサイクル | No4 |
| 7. CF以外の主要な繊維複合材料(参考) | No5 |
| 8. まとめ | No5 |

5. CF材料を使用している コンセプトカー、試作車、量産車

5.1 名古屋プラスチック工業展でのコンセプトカーなど

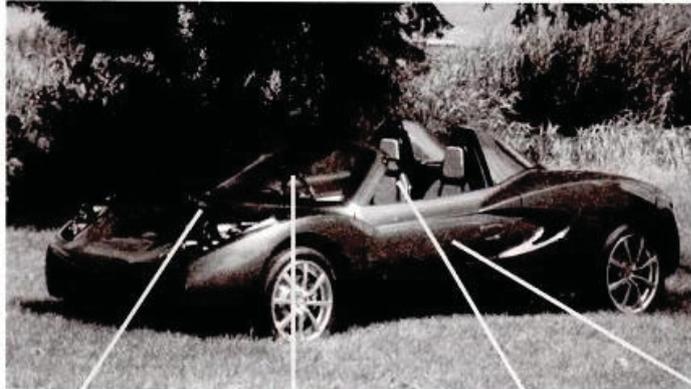
下記のコンセプトカーの展示が見られた。主要なもの(*)は、以下の頁に図等で示す。

会社	製品名など	概要
東レ	TEEWAVE AR-1 *	<ul style="list-style-type: none"> 東レの材料を使用したEVコンセプトカー。 車体基本構造にはCFRP (CFRTS)製のRTM一体成形モノコックとCFRP製衝撃吸収体を採用し、軽量化と同時に優れた車体剛性と衝突安全性を実現。 ボンネットハッチやルーフには1分程度のハイサイクル成形可能なCFRTP使用。 内装材にはリサイクルポリエステル繊維を使用した人工皮革“ウルトラスエード”および各種バイオマス繊維や発泡体、さらに塗装代替技術として金属光沢調フィルム“ピカサス®”やフィルム加飾技術などを盛り込んでいる。 CFRTSの成形には、RTM法を改良した「ハイサイクル一体成形法」を採用。サイクルは現在10分で、5分のメドがつき、3分を目標に検討中。
三菱ケミカルホールディングス	ARTSIS *	<ul style="list-style-type: none"> 三菱ケミカルホールディングスの材料を使用したEVコンセプトカー。 CFRPのシャーシ、ボンネット、シャフト、GMTのアンダーボディシールド、AI/樹脂の部品、低線膨張率PP系材料の外板、PCのグレージング、植物由来樹脂の内装材(トリム、フロアマット等)を使用。 低線膨張率PP系材料の外板を用いているのがユニーク。
トヨタ	Lexus LFA *	<ul style="list-style-type: none"> レクサスブランドのフラッグシップスポーツカー。 メインボディはCFRPキャビンとアルミフレーム。その他、軽量化のため、CFRPのルーフ、フード、SMCのパネル、SMC/AIハイブリッドのドア、PCのクォーターウインドウ、パーテーションを採用している。
トヨタ車体	COMS *	<ul style="list-style-type: none"> トヨタ車体の街乗りなどの近距離移動のための1人乗り超小型電気自動車。 ボディ骨格とオール樹脂ボディの構造。外板にはバンパー材の材着成形品(ベアリック車)とこれに塗装したもの(ハイクラ車)が用いられている。 ペイントレスフィルム貼合も検討したが、フィルムコストが高く、断念。

注1) *:別途資料あり

5. 2. 1 東レの炭素繊維複合材料 コンセプトEV

◆ 東レ先端材料・技術を駆使したコンセプトEVを製作



主要性能（スチール車体との比較）

- ・車体総重量 846kg（約40%減）
- ・1充電走行距離 185km（約30%向上）
- ・構造部品点数 3点（約20分の1）
（CFRP製モノコック）
- ・衝突エネルギー吸収量 80J/kg（約2.5倍）
（CFRP製クラッシュボックス）



熱可塑CFRP

フィルム加飾

バイオ / リサイクル素材

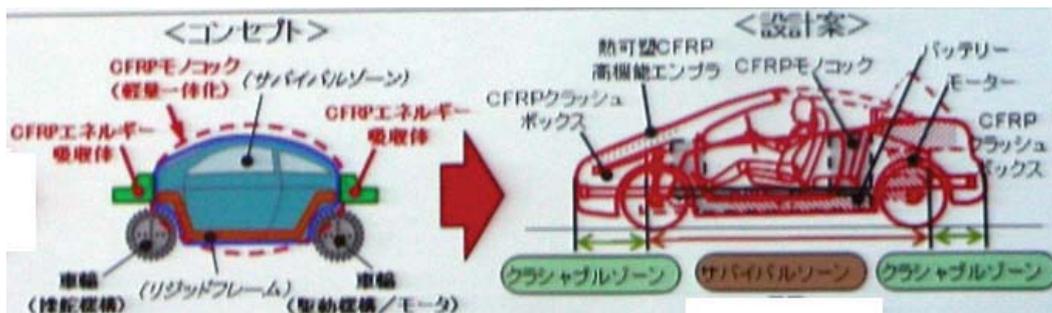


熱硬化CFRP製モノコック構造+衝撃吸収部材
（ハイサイクルRTM一体成形）

“TEEWAVE”は公道走行（車両登録）が可能な超軽量／低環境負荷な次世代EV

5. 2. 2 東レの車への炭素繊維使用のコンセプト

「TEEWAVE AR1」



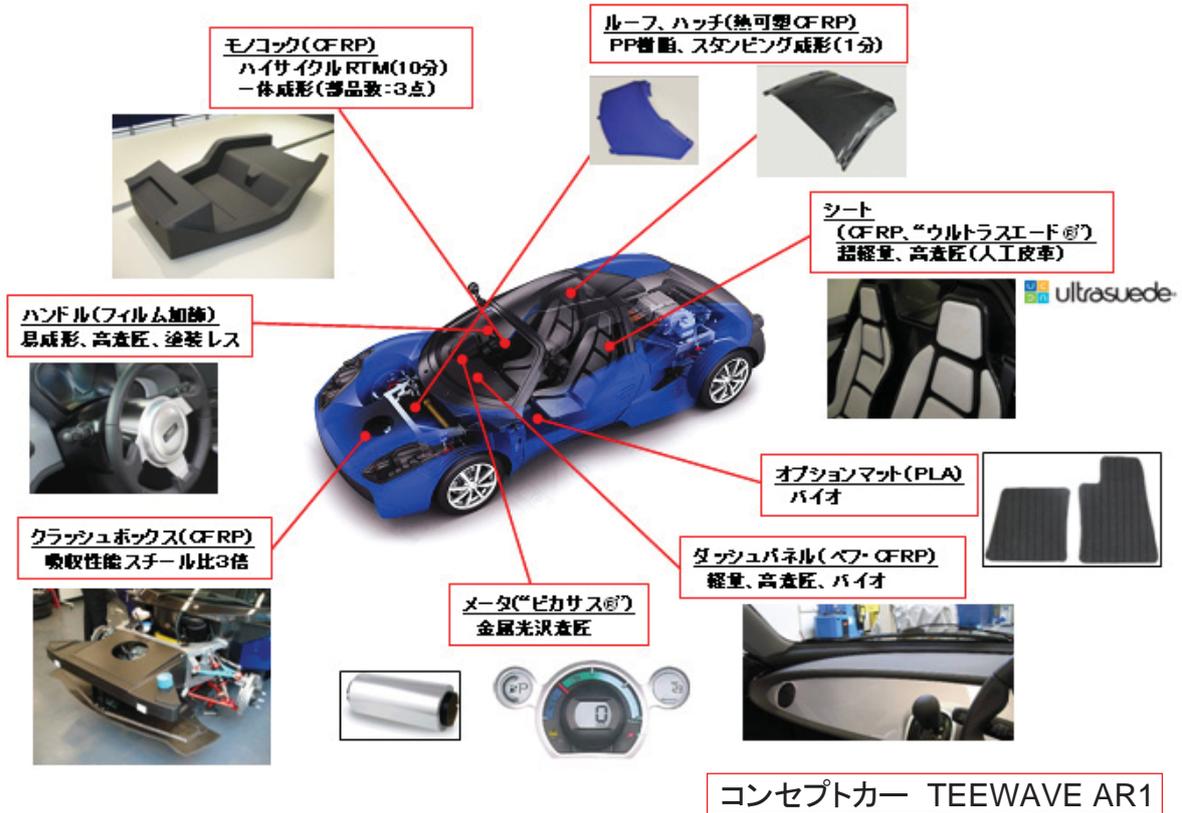
中央の乗員スペースは強度や剛性に優れる**CFRTS**製モノコック構造を採用。
その前後スペースは衝突時のエネルギー吸収を担う「クラッシュャブル・ゾーン」とし、
成形性や成形コストなどに優れる**CFRTP**製の部品を適用。

モノコック構造は、RTM法を改良した「**ハイサイクル一体成形法**」で製造。炭素繊維の織物（クロス）を裁断して細かなパーツとし、それらを張り合わせた上でプレスした「プリフォーム」を作製。これを型内に置き、型を閉じてから熱硬化性樹脂（主にエポキシ樹脂）を注入。

サイクルタイム：現状で約10分、5分に短縮できるメド。3分まで短縮必要。

内装材にはリサイクルポリエステル繊維を使用した人工皮革“ウルトラスエード”および各種バイオマス繊維や発泡体、さらに塗装代替技術として金属光沢調フィルム“ピカサス”やフィルム加飾技術など、先端材料・先端技術を最大限に盛り込んでいる。

5. 2. 3 東レのコンセプトカーに使用されている材料



5. 3 三菱ケミカルホールディングスのコンセプトカー



5. 4. 1 トヨタのフラッグシップ・スーパー スポーツカー

3Y23更新



レクサスブランドのフラッグシップ・スーパー
スポーツカーLexus LFA



軽量化コンセプト

- 将来の量産化を視野に入れた軽量化技術の開発

- シリンダボアのアーク溶射
- チタンコネクティングロッド
- チタンバルブ
- PC樹脂ガラスクォータウィンドウ
- PC樹脂ガラスパーティション

- CCM* ブレーキ
*Carbon Ceramic Material
- CFRPキャビン
- CFRPルーフ及びフード
- SMCパネル
- SMC/アルミハイブリッドドア

- さまざまな材料と工法を開発

3種類のCFRP

- : プリプレグ
- : RTM
- : C-SMC*

三次元
ブレードイング

成形硬質PUフォーム

CFRP
閉じ断面構造

三次元織り

NGF**
プリプレグ

C-SMC

熱可塑性エポキシ
プリプレグ

新RTM工法

** (Carbon fibre - Sheet Moulding Compound)
*** (Non-Crimp Fabric)

5. 5. 1 トヨタ車体の超小型電気自動車-1



Super Compact Electric Vehicle
COMS

COMS 上級車
ボディは材着品に塗装

COMS ベーシック車
ボディはPPバンパー材料の材着
成形品



5. 5. 2 トヨタ車体の超小型電気自動車-2



5. 6 帝人化成のCFRTP採用コンセプトカー

2Y14追加

3Y12改訂

熱可塑性樹脂を用いることでCFRPを1分以内で成形する量産技術の確立に成功した。
この技術は、炭素繊維に熱可塑性樹脂を含浸させた中間材料をプレス成形するもの。
新規熱可塑性プリプレグの量産技術を確立。2011年9月からサンプル供給を開始



車体骨格がCFRTPのコンセプトカー
鉄製の骨格に比べ、重量は約1/5



熱可塑性プリプレグ

量産車向け部材をGMと共同開発

<http://response.jp/article/2010/03/30/138433.html>

2Y14追加

5. 7 ダイムラーとBASF、先駆的な電気自動車を開発



- ・透明有機太陽電池：有機染料をベースとした透明な太陽電池がサンドイッチルーフに埋め込まれている。
- ・透明有機発光ダイオード(OLED)
- ・完全プラスチックホイール：LFRPAのホイール
- ・新軽量ボディ部品：炭素繊維強化エポキシ樹脂をシャシー、ドアなどの部品に使用
- ・赤外反射膜・塗料：新赤外反射膜をフロントガラス等に採用し、車内の温度上昇を防止
ガラスフレックを用いたホワイトの特殊効果コーティングを採用し、副次効果として、太陽からの熱線や光を極めて効果的に反射する

2Y14追加

5. 8 メルセデス・ベンツ「SLS AMGブラックシリーズ」



車両重量は1550kgで、「SLS AMG GT」より70kg軽量化。

- ・セラミックブレーキで16kg減、
- ・エンジンとトランスミッション間のトルクチューブにアルミ→CFRPで13kg減、
- ・チタン製エキゾーストシステムで13kg減
- ・リチウムイオンバッテリーを採用することで、さらに8kg減

5. 9 ホンダが超小型EV「マイクロコンピュータープロトタイプ」



- ・全長2,500mm、全幅1,250mm、全高1,445mm。最高出力が15kWで最高速度は80km/h、最大航続距離は60km程度。充電時間は3時間未満。使用バッテリーはリチウムイオンとされる。ドライバーと子ども2名の乗車。
- ・個人所有のタブレット端末をそのまま使用して、メーター類の表示やナビゲーション、オーディオ、バックモニターなどの機能に応用したり、ルーフに設けた太陽電池でタブレットのバッテリーを充電することが可能。さらに、この太陽電池は将来的には太陽エネルギーによる走行補助を目指して研究を継続される。

5. 10 BMWのCFRP骨格のEV、PHV

BMW発の小型EV「**BMW i3**」:
日本で販売、納車は2014年4月5日以降。

量産車として初めて炭素繊維強化プラスチック(CFRP)製の基本骨格を採用



BMW発のスポーツカーのPHV「**BMW i8**」:
日本で発売、納車は2014年夏以降

いずれもAI合金製のシャシーとCFRP製キャビンの組み合わせ



5. 11 日産自動車リーフNISMO RC



- (a) キャビンとカウルにCFRPを使用し質量は925kgと量産車より495kg軽い。
- (b) モータはミッドシップに搭載。
- (c) モノコックはプリプレグで成形、上部はロールバーで補強している。
運転席背後にLiイオン2次電池を積む。

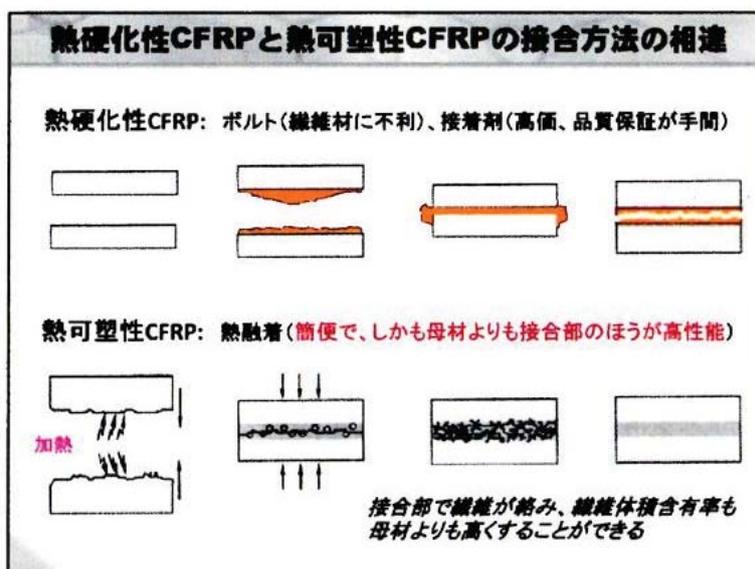
3Y11

5. 12 日本のCFメーカーの海外自動車メーカーとの連携

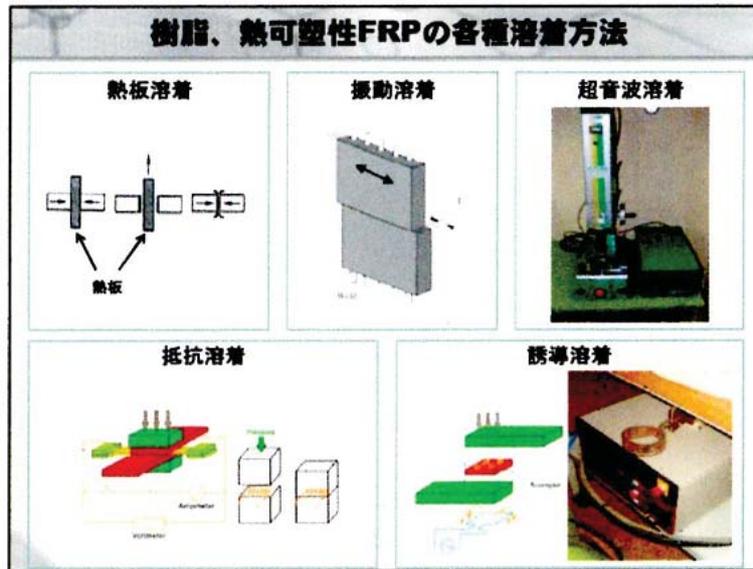
東レ	:ダイムラー
帝人	:ゼネラル・モーターズ(GM)
三菱レイヨン	:BMWグループ

6. CFRP、CFRTPの2次加工 およびリサイクル

6. 1. 1 CFRPとCFRTPの接合方法の比較



6. 1. 2 CFRTPの接合方法



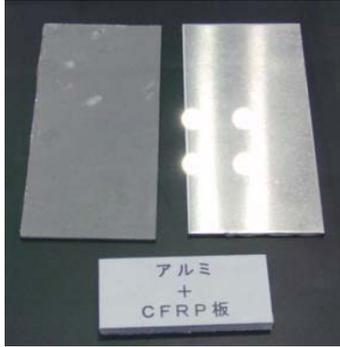
東京大学工学部セミナー資料から

3Y11

6. 2. 1 CFRTPの切削加工・穴あけ

1. ウォータージェット
 - ・高圧水に微細な砥石を混ぜて吹き付ける。
 - ・課題:発生する汚染水の処理費用。
2. 機械切削
 - ・ダイヤモンドコーティングした刃を用いる。
 - ・刃の定期的な交換や切断面の見栄えが悪い。
 - ・北川鉄工所は炭素繊維強化プラスチック(CFRP)の穴あけや切削加工時に、層の剥離(デラミネーション)やバリの発生を抑制する専用機「カーボンプロ」を発売した。切削工具の交換頻度は従来の10分の1。主軸と主軸下に集塵ジャケットを設置し、加工時の切り粉を上下から回収し飛散をなくした。
3. レーザー加工
 - ・単一波長のCO₂(二酸化炭素)レーザーと複合波長のファイバーレーザーの2種類が用いられている。(前者は日本、後者はドイツが高い競争力。
 - ・切断面の品質が良く、ランニングコストも安く済む。
 - ・自動車部品としての品質に合致する切断面や、自動車生産ラインに組み込める能力を持つレーザー加工機はまだ開発されていない。
 - ・通産省は国産技術の開発を急ぎ、世界トップ級の加工技術の実用化を目指す。

6. 2. 2 CB処理によるCFRTPとアルミの接合 (新技術研究所)



アルミとCFRPの接合



アルミとCFRTPの接合

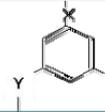
CB処理の工程:

Alに金属化合物皮膜を形成→脱水シラノール含有トリアジンチオール誘導体の皮膜形成→射出成形

* Alと樹脂がラジカル反応で結合



金属/無機材料



樹脂材料

6. 3. 1 CFRTPのリサイクル方法



6. 3. 2 静岡大学 CFRPのリサイクル



密閉容器内で高温高圧状の溶剤「亜臨界アセトン」を使い、CFRPを炭素繊維と樹脂分解物に分ける。破碎などの前処理が要らず、回収した炭素繊維も新しい樹脂を加えると、再びCFRPとして利用できる。東京の高圧容器メーカーと試作したプラントで作製したリサイクル品のせん断検査を行った結果、強度は新品とほぼ同等だった。

共同研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO、川崎市）の助成で行った。

6. 3. 3 八戸工業高等専門学校 CFRPのリサイクル

八戸工業高等専門学校物質工学科の杉山和夫教授（60）＝六戸町出身＝が、再利用が困難とされてきた炭素繊維強化プラスチック（CFRP）に電氣的な処理を施し、元の炭素繊維素材に戻す世界初の加工技術確立したことが29日、同氏への取材で分かった。従来より安いコストで良質な繊維を取り出せるため、産業界で需要が高まる炭素繊維の活用に向けて大きな弾みとなる。現在、杉山教授はリサイクル技術と製品開発の調査研究を行うNPO法人の設立準備を進めており、八戸地域を“カーボンリサイクル”の一大拠点にする構想を描く。



6. 3. 4 JFCC・大同など CFRPリサイクル技術開発

財団法人ファインセラミックスセンター(JFCC)は、熱処理機器の販売を手掛ける大同(多治見市)および大同大学(名古屋市)と共同で、高温過熱水蒸気を利用した炭素繊維強化プラスチック(CFRP)のリサイクル技術を開発した。酸素濃度が低い状態で熱処理できるため、繊維の酸化劣化を防いで樹脂だけを効率的に除去できる。500度C以上の過熱水蒸気で10分間処理することにより、織物状態で繊維を回収することに成功した。今後、繊維回収が可能な樹脂種を明確にするなど実用性を高めていく。