



CFRPの基礎知識

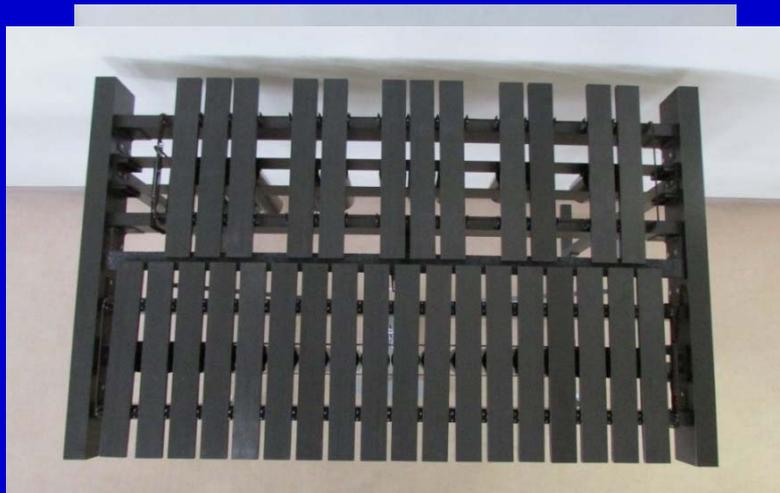
機械的特性と物理的特性を活かせる開発

(株)エーシーエム 石川 源

2015.12.2

ACM Advanced Composite Materials

CFRPhone[®]



音板の長さ(300mm)、厚み(10mm)、幅(40mm)が一緒

ACM Advanced Composite Materials

CFRPって？-その1

・炭素繊維とプラスチックを複合してできた素材：

炭素繊維は、強く・軽く・細い素材ではあるけれど、“糸束”でしかありません。自分だけでは機能・性能を発揮できません。

プラスチックとミクロにしっかり手をつなぐことで、自分の素晴らしい能力を、“CFRP”という固まりとして発揮します。

“CFRP”は、プラスチックの一種ですが、“プラスチック加工”という分類の「もの作り」ではありません。一般にFRP(正しくはGFRP:ガラス繊維強化プラスチック)と呼ばれているものは、標準品性能・機能が知られていますが、“CFRP”という素材には“標準品”というものはありません。

CFRPは炭素繊維の性能・機能を活かした
素材を目的に合うように設計・製作

CFRPって？-その2

・異方性材料：

配置する炭素繊維の種類・位置・量・方向により性能発現。

CFRP板は、方向によって性能・機能が変わります。

CFRPhone は

炭素繊維の種類・位置・量・方向

を変えることで、2オクターブ半の音階達成

CFRPって？-その3

CFRPに使われるプラスチック

一般的に熱硬化性樹脂マトリックス品は“CFRP”、
熱可塑性マトリックス品は“CFRTP”と称されています。

マトリックス(母材)として使用されているのは

①熱硬化性樹脂:

エポキシ、ポリエステル、フェノール、熱硬化性ポリアミドなどがあります。樹脂によってCFRP特性が変わります。

エポキシマトリックスのCFRPは、力学的物性が高く、広範囲の用途に採用されています。

②熱可塑性樹脂:

CFRTP用材料は、国内では未だ開発段階でポリアミド(PA: ナイロン)、ポリプロピレン(PP)、ポリフェニレンサルファイド(PPS)、熱可塑性ポリウレタン(TPU)の製品などの探索・開発が進められています。

熱硬化性CFRPって？

・成形に時間が掛かる

通常の方法(プリプレグ)を硬化させるには2時間以上。
近年開発された速硬化タイプは5分まで短縮。

・塑性変形しない

出来上がった製品(板、棒など)を曲げることはできません。
ということは、“限界ひずみを超えると脆性破壊”します。

・溶接できない

CFRP同士の場合も、金属などの異種材料との場合も結合は“接着”あるいは“機械的結合”(ボルトアップ、リベットなど)で行います。結合をより確かにするためには“接着+機械的結合”の併用が望ましいです。

・耐熱温度は樹脂支配 (T_g: ガラス転移温度によります)

汎用エポキシは130°C、耐熱エポキシは180°Cです。
加熱時は温度や樹脂の種類によりますが、強度・弾性率は少し下がります。

<参考>熱可塑性CFRPって？

・成形時間が短い

熱硬化型では通常2時間加熱保持する必要があるのにCFRTPは1分以内で成形完了できます。

・再成形(二次成形)できる

出来上がった製品(板、棒など)に熱と圧力をかけることにより、曲げたりする再成形が可能です。

樹脂との接着力が小さく、大きな力が掛かると樹脂が伸びて、熱硬化CFRPと違い一瞬で破壊することなく、延性破壊します。

・熱融着できる

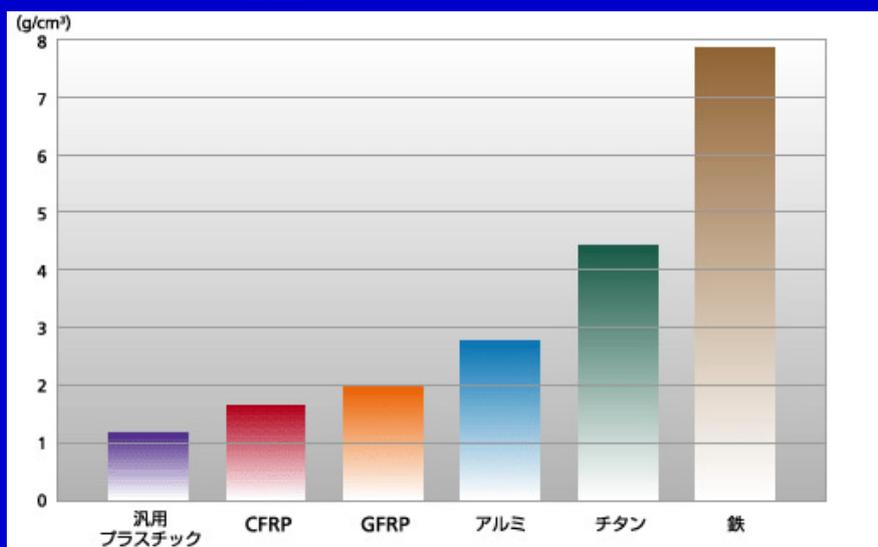
CFRTP同士の場合、短時間に熱融着が可能です。熱板、振動超音波、抵抗、誘導などの方法があります。異種素材との熱融着の研究開発も取組まれています。

・リサイクルしやすい

加工歩留りも高く、シート材にして性能も大きく落とさず再生利用できます。

CFRPの特長その1

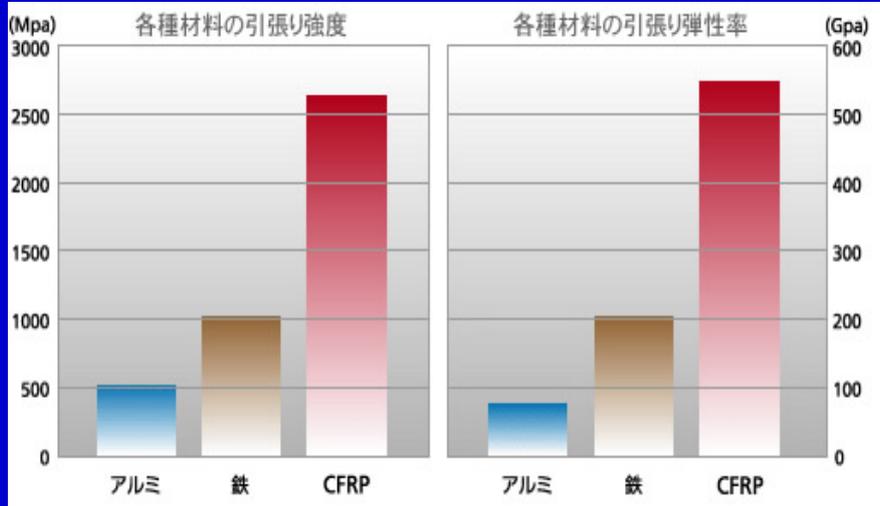
軽量：比重1.5～1.7



CFRPの特長その2

高強度: 700~3300 MPa
(鉄: S45Cは700 MPa)

高剛性: 55~450 GPa
(鉄: S45Cは200 GPa)



ACM Advanced Composite Materials

炭素繊維はPAN系、ピッチ系の2種類 それぞれ多くの製品グレード

炭素繊維の諸性質

機械的物性

PAN系炭素繊維

メーカー	商品名	グレード	引張り強度 [MPa]	引張り弾性率 [GPa]		
東レ	トレカ TORAYCA	T300	3530	230		
		T400HB	4410	250		
		T700S	4900	230		
		T800HB	5490	294		
		T800SC	5880	294		
		T1000GB	6370	294		
		M35JB	4510	343		
		M40JB	4700	343		
		M44JB	4400	377		
		M46JB	4200	436		
			4020	436		
		M50JB	4120	475		
		M55JB	4020	540		
		M60JB	3820	588		
		M30SC	5490	294		
		三菱レイヨン	パイロフィル PYROFIL	TR30S	4410	235
				TR50S	4900	240
				TRD50S 12L	5000	240
				TRH50 18M	5300	250
				TRH50 60M	4900	250
34-700	4830			234		
34-900	5490			255		
MR 40	4410			295		
MR 60H	5680			290		
MS 40	4410			345		
HR 40	4410			395		
HS 40	4610			455		
東邦テナックス	ベスファイト BESFIGHT			HTA40	3800	238
				HTS40	4200	240
				STS40	4000	240
		UTS50	4900	240		
		IMS40	4700	295		
		BMS60	5800	290		
		HMA35	3200	360		
		UMS40	4600	395		
		UMS45	4600	430		
		UMS55	4100	540		

35種類!

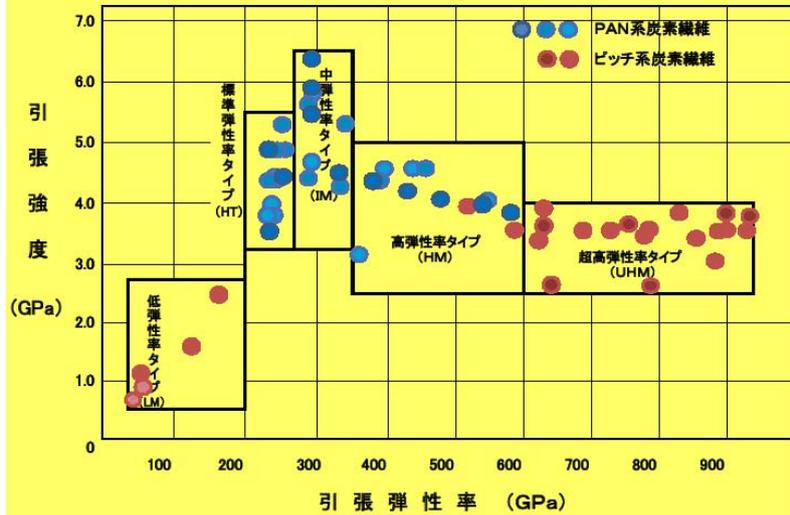
ピッチ系炭素繊維

メーカー	商品名	グレード	引張り強度 [MPa]	引張り弾性率 [GPa]
三菱樹脂	ダイアリード DIALEAD	K1352U	3600	620
		K1392U	3700	760
		K13C2U	3900	900
		K13D2U	3600	900
		K13D2U	3700	935
		K1331Z	3200	420
		K6371Z	2600	640
		K1391E	3200	760
		K63A1Z	2600	790
		K63A1Z	2600	820
日本ケミカル ファイバー	グラノック GRANOC	YSH-90A	3900	520
		YSH-80A	3900	630
		YSH-70A	3630	720
		YS-80A	3630	785
		YS-90A	3530	880
		YS-95A	3530	900
		XN-80	3430	620
		XN-80	3430	780
		XN-80	3430	860
		XNG-90	3100	880
		XN-05	1100	54
		XN-10	1700	110
		XN-15	2400	155
		YT-40A-04H	3530	400
		YT-50A-04H	3530	500
		YSH-50A-04H	3900	520
YSH-70A-04H	3630	720		

26種類!

ACM Advanced Composite Materials

強度・弾性率が大きく異なる炭素繊維マップ



物理的物性も大きく異なるグレード

炭素繊維の諸性質 物理的物性

PAN系炭素繊維

メーカー	商品名	グレード	密度 SG	線膨張係数 CTE	熱伝導率 TC	比抵抗 ER		
			[g/cm ³]	[x10 ⁻⁶ /K]	[W/m·K]	[x10 ⁻³ Ω·cm]		
東レ	TORAYCA	T300	1.76	-0.41	11	1.6		
		T400HB	1.8					
		T700S	1.8	-0.38	10	1.7		
		T800HB	1.81	-0.58	12	1.4		
		T800SC	1.8					
		T1000GB	1.8	-0.55				
		M35JB	1.75	-0.73				
		M35JB	1.75					
		M40JB	1.75	-0.83	89	1		
		M46JB	1.84	-0.90				
		M50JB	1.84					
		M50JB	1.98	-1.0				
		M55JB	1.91	-1.1	155	0.8		
		M60JB	1.93	-1.1				
		M30SC	1.73					
三菱レイヨン	ハイロフィル PYROFIL	TR30S	1.79	-0.27	7	1.5		
		TR50S	1.82	-0.31	7	1.5		
		TRD50S 12L	1.81	-0.36	7	1.5		
		TRH50 18M	1.82	-0.36	7	1.5		
		TRH50 60M	1.82	-0.36	7	1.5		
		34-700	1.80	-0.27	7	1.5		
		34-900	1.82					
		MR 40	1.76	-0.54	20	1.8		
		MR 60H	1.81	-0.54	16	1.4		
		MS 40	1.77	-0.73	20	1.2		
		HR 40	1.82	-0.81	45	1.1		
		HS 40	1.85	-1.12	52	0.9		
		東邦テックス	ベスファイト BESFIGHT	HTA40	1.78		10	1.5
				HTS40	1.76		10	
				STS40	1.75		10	
UTS50	1.80				10			
IMS40	1.79					1.4		
BMS30	1.80							
HMA35	1.78					1.0		
UMS40	1.79				46			
UMS45	1.81							
UMS55	1.82							

Pitch系炭素繊維

メーカー	商品名	グレード	密度 SG	線膨張係数 CTE	熱伝導率 TC	比抵抗 ER
			[g/cm ³]	[x10 ⁻⁶ /K]	[W/m·K]	[x10 ⁻³ Ω·cm]
三菱樹脂	ダイヤリード DIALEAD	K1352U	2.12	-1.1	140	0.7
		K1392U	2.12	-1.2	210	0.5
		K13C2U	2.20	-1.2	620	0.19
		K13C6U	2.18	-1.2	580	0.3
		K13D2U	2.21	-1.2	800	0.15
		K13912	2.08			
		K83712	2.12	-1.1	140	0.7
		K13916	2.15		200	0.8
		K68A12	2.15	-1.2	220	0.5
		日本クラフト ファイバ	グランノック GRANOC	YSH-50A	2.10	-1.3
YSH-60A	2.12			-1.4	200	0.6
YSH-70A	2.14			-1.5	250	0.5
YS-80A	2.17			-1.5	320	0.5
YS-90A	2.18			-1.5	500	0.3
YS-95A	2.19			-1.5	600	0.2
XN-80	2.12			-1.4	200	0.7
XN-90	2.17			-1.5	320	0.5
XN-90	2.19			-1.5	500	0.3
XNQ-90	2.21				500	0.3
XN-05	1.65			1.4	7	2.8
XN-10	1.70			-0.1		10
XN-15	1.85			-0.8		6
YT-40A-04H	2.08			-1.3	85	0.8
YT-50A-04H	2.10			-1.4	140	0.7
YSH-50A-04H	2.10	-1.3				
YSH-70A-04H	2.14	-1.5				

TC(熱伝導率) 800 W/m·K
10 W/m·K 600 W/m·K

CFRPの特長その3

- 寸法安定性：低熱膨張率（3 ppm以下）

炭素繊維 マイナス：樹脂 プラス
(-0.4~-1.5ppm) (+50ppm)

ゼロ熱膨張狙いも可能(繊維種類、方向制御)
製品例)天体望遠鏡、検査用ジグフレーム

ACM Advanced Composite Materials



軽量+高剛性+寸法安定性

先端材料技術展2015 出展

CFRP定盤

780GPa超高弾性率CF仕様天板+CFRP梁構造にて平面度 $18\mu\text{m}$

寸法: 3000L x 930W x 80t、重量76kg

ACM Advanced Composite Materials

CFRPの特長その3

- 寸法安定性：低熱膨張率（3 ppm以下）
炭素繊維 マイナス：樹脂 プラス
（-0.4~-1.5ppm） （+50ppm）
ゼロ熱膨張狙いも可能（繊維種類、方向制御）
製品例）天体望遠鏡、検査用ジグフレーム
- 振動特性：高い比剛性（鉄の5倍）が可能
振動減衰性、共振・騒音防止などの性能・機能を発現
製品例）液晶パネル搬送ハンド、センサー部品

ACM Advanced Composite Materials



軽量+比剛性+振動減衰性

第10世代液晶パネル搬送ハンド

CFRPアーム（長さ：3.2m ヤング率：200 GPa）
高弾性率（640GPa）グレード+PAN系高強度（230GPa）グレード のハイブリッド

ACM Advanced Composite Materials



軽量+比剛性+振動減衰性

ウェハー搬送ハンド

超高剛性(鉄の2倍)成形板より機械加工

超高弾性率(780GPa)グレード+PAN系高強度(230GPa)グレード のハイブリッド

ACM Advanced Composite Materials



先端材料技術展2015 出展

CF★blade

CFRP製エアロバー

2.5t x 50mmW x 1200mmL

PAN系高強度(230GPa)グレード 積層設計にて変化

ACM Advanced Composite Materials

CFRPの特長その3

- 寸法安定性：低熱膨張率（3 ppm以下）
炭素繊維 マイナス：樹脂 プラス
（-0.4~-1.5ppm） （+50ppm）
ゼロ熱膨張狙いも可能（繊維種類、方向制御）
製品例）天体望遠鏡、検査用ジグフレーム
- 振動特性：高い比剛性（鉄の5倍）が可能
振動減衰性、共振・騒音防止などの性能・機能を発現
製品例）液晶パネル搬送ハンド、センサー部品
- 高熱伝導率：2~300 W・m/°C
炭素繊維 10~600W/m・K：樹脂 0.2W/m・K
繊維配置面内方向にのみ発現
製品例）人工衛星電池ケース、スプーン

ACM Advanced Composite Materials



W A R M
T E C H

WARM TECH ice cream SPOON

ちょっと贅沢なひと時を、
このウォームテックスプーンで召し上がり下さい。

「さっ」と差し込み、「すっ」と溶ける
アイスクリーンスプーン

Size:21.5mm×110mm×2mm weight:6g
Raw Material:Carbon Fiber Reinforced Plastics

1153, Komanba, Nakatsugawa-shi, Gifu
Suzuki Kogyo CO., Ltd.
Tel:0573-65-4141 Fax:0573-65-4352
http://www.suzuki-kogyo.com/
Mail:kikaku@suzuki-kogyo.com

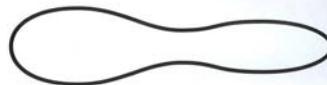
Made in Japan WTS110226

先端材料技術展2015 出展

WARM TECH SPOON

高熱伝導率(500W)仕様CFRP
300W/m・K

Size:21.5mm×110mm×2mm weight:6g
Raw Material:Carbon Fiber Reinforced Plastics



鈴木工業㈱ 提供

CFRPの特長その3

- **寸法安定性：低熱膨張率（3 ppm以下）**
炭素繊維 マイナス：樹脂 プラス
(-0.4~-1.5ppm) (+50ppm)
ゼロ熱膨張狙いも可能(繊維種類、方向制御)
製品例)天体望遠鏡、検査用ジグフレーム
- **振動特性：高い比剛性(鉄の5倍)が可能**
振動減衰性、共振・騒音防止などの性能・機能を発現
製品例)液晶パネル搬送ハンド、センサー部品
- **高熱伝導率：2~300 W・m/°C**
炭素繊維 10~600W/m・K：樹脂 0.2W/m・K
繊維配置面内方向にのみ発現
製品例)人工衛星電池ケース、スプーン
- **非磁性：渦電流発生少→電磁誘導発熱少**
製品例)リニアモーターケース

CFRPの特長その4

- ・ **耐蝕性：** 耐候性、耐酸・耐アルカリ
炭素繊維層が紫外線を透過しない(GFRPとの違い)
溶剤(アセトンなど)には弱い(母材:エポキシ樹脂)
製品例)耐震補強(橋脚、床版)、ケーブル、工業タンク
- ・ **導電性：**
電気伝導度の違いから、金属との接合時絶縁考慮
特にアルミとの接合時はGFRP層介在にて絶縁(0.2mmでOK)
製品例)面状発熱体、静電気対策部品
- ・ **X線透過特性：** アルミの8倍透過
製品例)天板、カセット、その他X線機器部品
- ・ **疲労特性：** 金属と比べ、高疲労強度
製品例)自動車部品、自転車部品、スポーツ用品、機械部品

軽量+比剛性+疲労特性

先端材料技術展2009

優秀製品賞受賞



先端材料技術展2015 出展

建築家 青木淳氏提供

Ultra-long Cantilever Lighting Fixture (LED内蔵)

20t x 250W x 7000L (6m片持ち中空角パイプ構造)

PAN系超高弾性(540GPa)グレード

ACM Advanced Composite Materials

CFRPの特長その4

- ・**耐蝕性:** 耐候性、耐酸・耐アルカリ
炭素繊維層が紫外線を透過しない(GFRPとの違い)
溶剤(アセトンなど)には弱い(母材:エポキシ樹脂)
製品例)耐震補強(橋脚、床版)、ケーブル、工業タンク
- ・**導電性:**
電気伝導度の違いから、金属との接合時絶縁考慮
特にアルミとの接合時はGFRP層介在にて絶縁(0.2mmでOK)
製品例)面状発熱体、静電気対策部品
- ・**X線透過特性:** アルミの8倍透過
製品例)天板、カセット、その他X線機器部品
- ・**疲労特性:** 金属と比べ、高疲労強度
製品例)自動車部品、自転車部品、スポーツ用品、機械部品
- ・**摺動特性:** 低摩擦係数
製品例)ポンプリテーナー

ACM Advanced Composite Materials

CFRPは、PAN系／ピッチ系CFの特性を生かした複合材料①

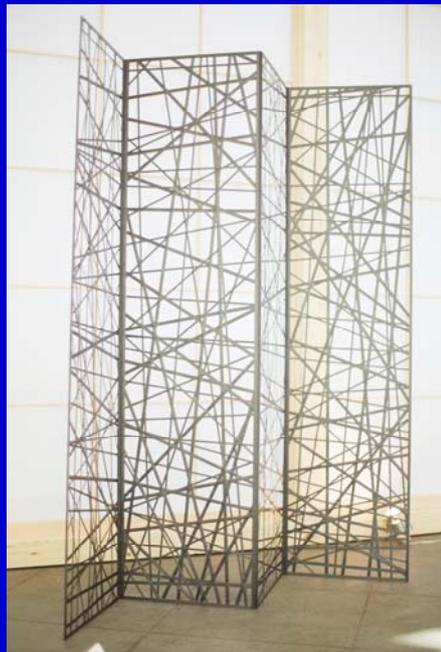
航空宇宙	航空機(主翼、尾翼、胴体)、ロケット(衛星フェアリング、段間部)	PAN 高強度、耐疲労性、耐熱性
	人工衛星(構体・トラス、アンテナ、ソーラーセルパネル、バッテリーケース)、電波望遠鏡(アンテナ、トラス)	PAN/ピッチ 剛性、低熱膨張、高熱伝導性
自動車・車輛	レーシングカー、プロペラシャフト、ボディ骨格・外板パネル 鉄道車体・台車フレーム	PAN 高強度、耐熱性、耐疲労性、振動減衰性
スポーツ	釣竿、ゴルフシャフト、ラケット、自転車、野球バット、弓、マリンスポーツ(ヨット船体・マスト、競技用ボート)、スキー用具	PAN/ピッチ 剛性、耐候性、振動減衰性、耐疲労性
建築・土木	コンクリート補強(橋脚、床版)、ケーブル、ロッド	PAN/ピッチ 高強度、剛性、耐腐蝕性、耐候性

ACM Advanced Composite Materials

CFRPは、PAN系／ピッチ系CFの特性を生かした複合材料 ②

環境 ・エネルギー	風カブレード、CNG/水素/空気タンク、フライホイール、油田掘削ライザー・パイプ	PAN/ピッチ 高強度、剛性、耐腐蝕性、耐疲労性
電子・音響	ノート・タブレットハウジング、プリンター部品、オーディオ部品	PAN/ピッチ 高強度、剛性、振動減衰性、電磁波シールド性
医療・介護	天板、カセット、手術用部品、車いす、杖人工骨、介護機器	PAN/ピッチ 高強度、剛性、X線透過性、耐疲労性
産業機械	ロボットアーム、工業用ローラー/シャフト、板バネ、繊維部品	PAN/ピッチ 剛性、耐疲労性、振動減衰性
その他	傘、カバン、家具(テーブル、イス)、楽器樹脂型、メガネ	PAN 高強度、耐疲労性、耐腐蝕性

ACM Advanced Composite Materials



先端材料技術展2015 出展

先端材料技術展2015 出展



ウクレレブラック

高響性、超薄肉、最軽量(400g)

CFRP屏風

4曲1隻 (全開にて 1820mmx1820mm)

枠・格子: 超高弾性率CF + 高強度CF

ヒンジ: 軟質エポキシ樹脂

ACM Advanced Composite Materials

CFRP積層設計の基本

(プリプレグの)ミラー対称積層が基本

- ・硬化後の室温までの冷却時に熱歪み(反り)を生じさせない
- 炭素繊維(CF)はマイナスの線膨張率(-0.3ppm以下)
- 樹脂はプラスの線膨張係数(エポキシ樹脂は45ppm以上)

加工によるひずみ発生を考慮した構造・積層設計

“内部応力の不均一化”を考慮
 “繊維”強化素材であることを常に意識

機械的物性は異方性を考慮(繊維強化素材)

- ・弾性率 : 45° 方向 10%強
- (0° 配向品比) : 0° / 90° 織物の45° 方向 25%
- : 0° / ±45° / 90° 疑似等方積層 30%強

ACM Advanced Composite Materials



板

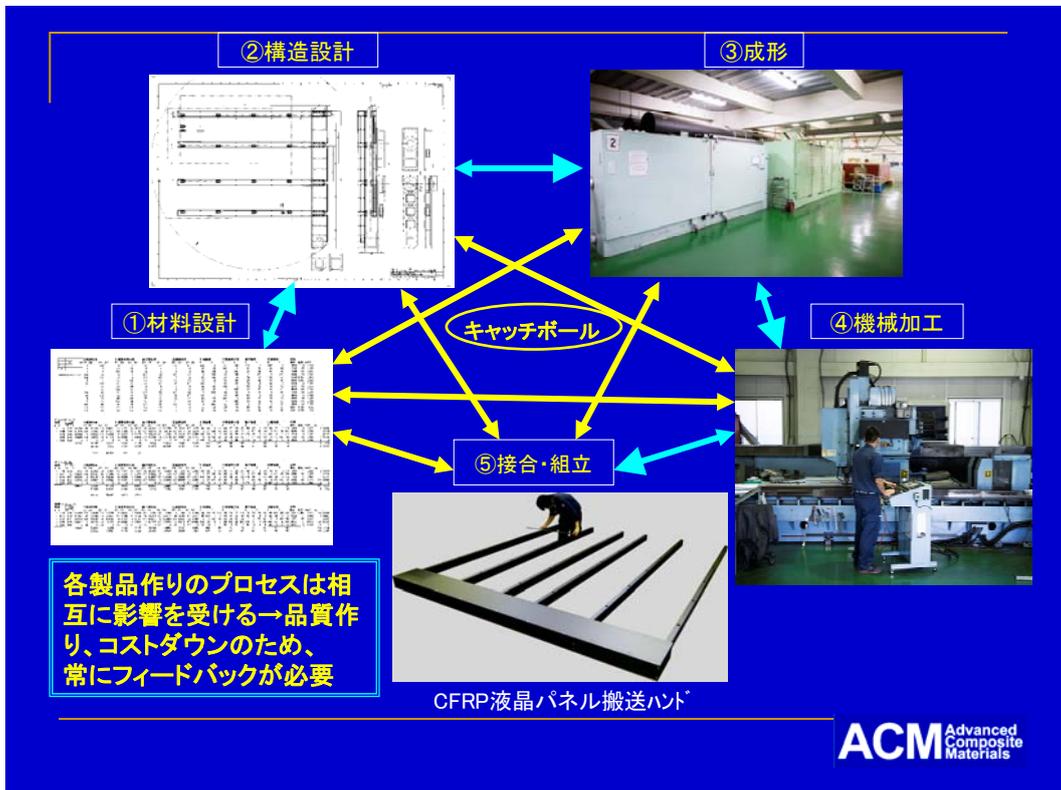
プロセス 真空バッグ成形法
 厚み 0.1 mm ~ 60 mm
 幅 MAX 3200 mm
 長さ MAX 3600 mm
 製品特性 (0° 方向)
 引張強度: MAX 2700 Mpa
 引張弾性率: 350 GPa



パイプ

内型/外型成形、シートワインディング成形
 高精度の内寸・外寸・肉厚
 長さ MAX 3600 mm
 製品特性 (軸方向)
 引張強度: MAX 2700 MPa
 引張弾性率: MAX 350 GPa

ACM Advanced Composite Materials



工場見学大歓迎！

CFRPの作り方は「百聞は一見にしかず」

ACM Advanced
Composite
Materials

