

# 炭素繊維および他の繊維 複合材料 No2

2015/09/10部分修正

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/](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<br>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<br>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 |

## 4. 長繊維複合熱可塑性材料 (GFRTTP、CFRP等)とその成形方法

CFRTPの成形方法の多くは、GFRTTPと共通またはその応用のものが大部分であり、現時点ではまだCFRTPの成形に適用されていないものもある。これらを含めて解説する。

### 4. 1. 1 長繊維複合熱可塑性材料の成形方法－1

3Z04更新

方法	会社／名称	備考
長繊維ペレット (LFG)の射出成形	・ダイセルポリマー ・住友化学等各社	引抜き法で作った6－13mmのペレットを 射出成形
インライン長繊維コンパ ウンド作成、成形(D-LFT)	住友化学 ／インラインRSPM	連続繊維を用いてコンパウンドを作成し、 縦型締めで射出プレス成形
	Krauss Maffei ／IMC	連続繊維を用いてコンパウンドを作成し、 横型締め射出
	Dieffenbacher ／LFT-D-ILC ,CPI	連続繊維を用いてコンパウンドを作成し、 押出品を縦型締めプレス
	NCC(ナショナルコン ポジットセンター)	同上
連続繊維織物、マットと溶 融樹脂の直接成形	・住友化学/RSPM	連続繊維織物、マットと熔融樹脂の直接成 形
	・浅井産業	連続繊維織物とTPシートのプレス成形
	・茨木工業等	連続層繊維と不連続層繊維をプレス成形

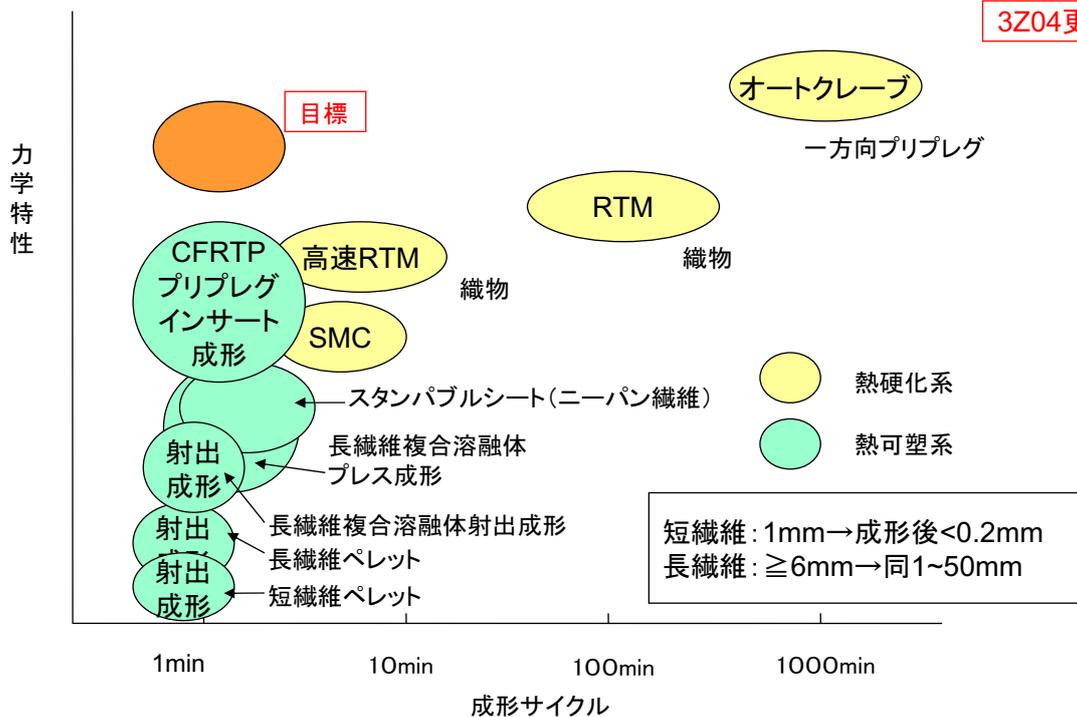
## 4. 1. 2 長繊維複合熱可塑性材料の成形方法－2

3Z04更新

方法	会社／名称	備考
連続繊維強化シートのプレス成形、 または連続繊維強化シート または予備賦形品インサート 射出成形	<ul style="list-style-type: none"> <li>・QPC/GMT, GMT<sub>ex</sub></li> <li>・BONDLAMINATES ／TEPEX</li> <li>・Krauss Maffei ／Fiber Form他</li> <li>・東芝機械</li> <li>・佐藤鉄工所</li> </ul>	繊維強化シート(プリプレグ)のプレス成形 または 繊維強化シートまたはその予備賦形品を インサートして背面から射出成形して一体 成形
長繊維強化シートの膨張成形 (ウエット法、ドライ法)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・QPC/Symalite</li> <li>・KPS/KPS膨張成形</li> </ul>	長繊維強化シートの加熱、膨張成形 (プレス成形)

## 4. 1. 3 CF繊維複合材料の位置付け

3Z04更新



本図は、筆者の推定に基づき作成したもので、精度は不明です。  
今後の情報収集でさらに精度の向上を目指します。

#### 4. 1. 4 筆者and/or所属機関が関係した 繊維複合熱可塑性材料、成形技術

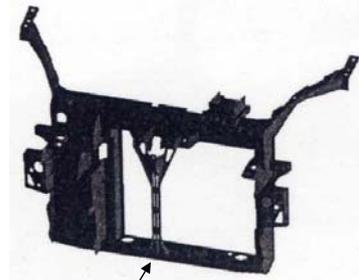
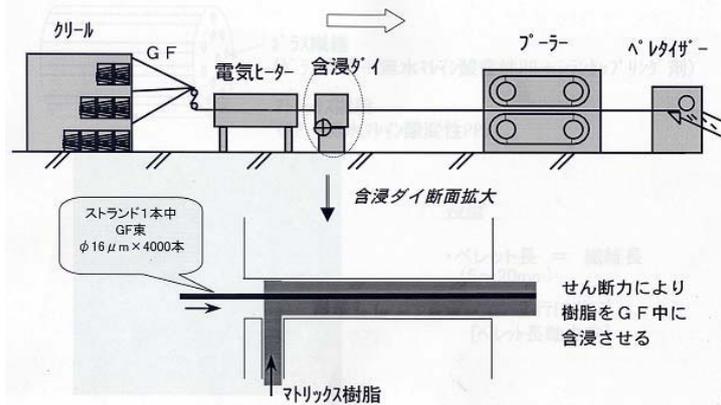
3Z04更新

名称、内容	対象繊維	成形方法	筆者関与		現状
			材料	成形	
短繊維ペレット	GF	射出成形	×	×	住化で材料販売
RSPM	GF	GFマット／射出プレス	—	○	研究開発済み
インラインRSPM	GF	長繊維複合体作成、成形の連続成形(射出プレス)	—	△	研究開発済み
抄紙法 スタンパブルシート	GF	プレス成形	△	○	ケープラシート で材料販売
		膨張成形			
		シート／射出プレス			
長繊維ペレット	GF	射出成形、射出プレス成形 射出プレス膨張成形	○	○	住化(住友化学) で材料販売
長繊維ペレット	AF、CF、GF	射出成形	—	○	研究開発済み
アラミド繊維複合シート	AF	織物／シート／プレス	○	○	研究開発済み
長繊維ペレット	PEN	射出成形、射出プレス成形	×	×	住化で材料販売
プリプレグ／ 射出プレス	CF、GF	プリプレグ／射出プレス	—	△	佐藤鉄工 で装置販売

注1)○:筆者が直接関与 △:筆者が間接的に関与 ×:筆者は関与なし  
2)長繊維ペレットはペレット中の繊維の長さが ≥5mmの物を示す。

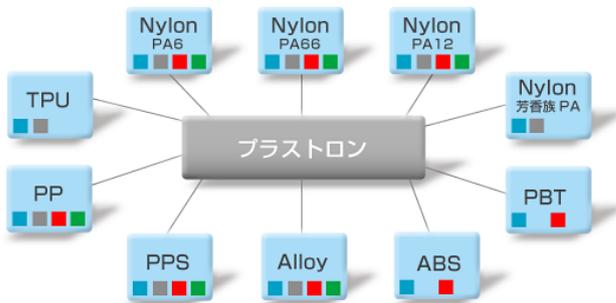
## 4. 2 長繊維ペレットによる成形

### 4.2.1 長繊維ペレットの製造装置、製品例



#### プラストロングレード

■GF: ガラス ■CF: カーボン ■SF: ステンレス ■AF: アラミド



ダイセルポリマー

- PP/CF フロントエンドモジュール
  - PP/GF ドアモジュール、バンパーブラケット、ドアミラーハウジング、インサイドハンドルレバー、工業用ファン、バスユニット架台、埋設管、継ぎ手、コンクリートパネル
  - PA66-GF プリンター シャフト、漏電遮断機ハウジング
  - 芳香族PA-CF
  - TPU-GF 安全靴 先芯
  - PP/AF ドアチェックレバー、ギア
- 開発中のものは除く

### 4.2.2 長繊維ペレットの物性

(ガラス長繊維ペレットの例)

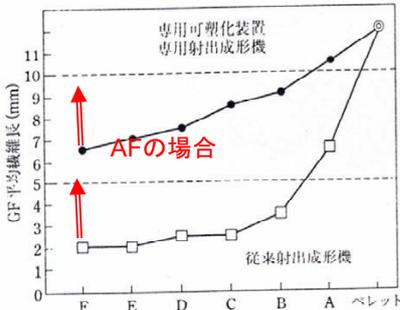
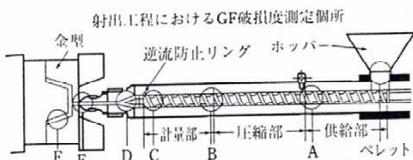


図9 射出工程とGF長の関係

⑨ プラストロン PPG 40 のガラス繊維長と物性の関係

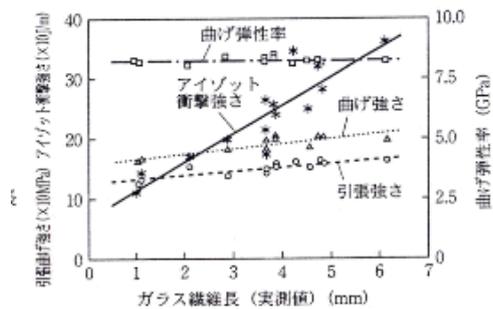


表2 LFT と GMT の主な特徴比較

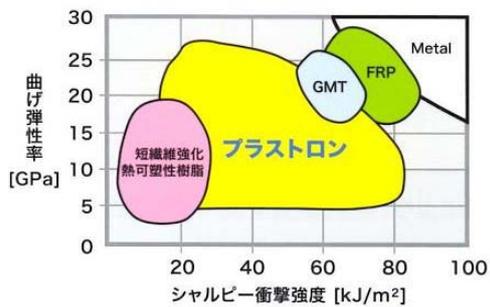
項目	LFT	GMT
材質	ガラス繊維強化PP	ガラス繊維強化PP
材料単価	安<高	
工法	射出成形	プレス成形
成形サイクル	早>遅	
成形後のバリ取り	無	有
成形時の穴形成	可	不可
外観	良>悪	
強度・弾性率	≒	
衝撃強度・クリープ	悪<良	
成形後の変形予測	可	不可

#### 4. 2. 3 長繊維複合樹脂 プラストロン(ダイセルポリマー)

繊維 樹脂	ガラス	カーボン	アラミド	ステンレス
				
PP	○	○	○	○
PA6	○			○
PA66	○	○	○	○
PA12	○			
PA6T	○	○		
PA9T	○	○		
PC				○
PPS	○	○		



SFRTTP成形品(塗装)例  
(電磁波シールド性付与)



5910部分修正

#### 4. 2. 4 CF長繊維複合樹脂 (ダイセルポリマー)

	ベース樹脂	加工性		形状の自由度	機械物性(強度)	
		製造・加工	製造コスト			
従来のCFRP	熱硬化性	プリプレグ ⇒高圧法など	×	×	△	○
短繊維強化樹脂	熱可塑性	コンパウンド ⇒射出成形	○	○	○	△
長繊維強化樹脂	熱可塑性	長繊維加工 ⇒射出成形	○	○	○	○



20%CFPP ラジエーターサポート

## 4. 2. 5 CFRPPS長繊維ペレット (東レ)

アルミダイキャストと同等の引張強度を持つ射出成形可能な炭素繊維強化ポリフェニレンサルファイド(PPS)樹脂(ペレット)の開発

アルミダイキャストよりも45%軽量で、PPSの持つ耐熱性、難燃性、耐薬品性などを保持する。

引張強度を高めるため、ナノ構造制御により成形品中で長繊維炭素繊維を均一に分散させるとともに、炭素繊維とPPS樹脂の界面接着性を高めることで、課題を解決した。

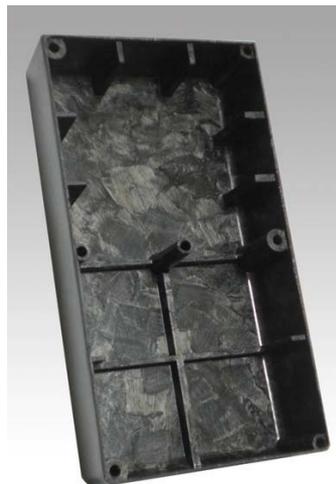
## 4. 2. 6 長繊維ペレット(繊維長10mm、20mm)によるプレス成形

(茨木工業)

関連4. 4. 13参照



Vf=50%、  
繊維長10mm



Vf=40%、  
繊維長10mm

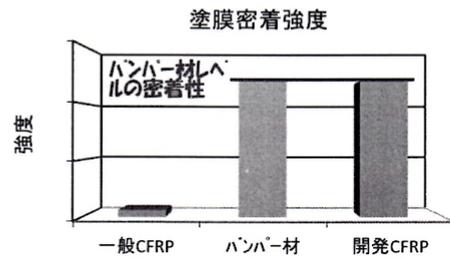
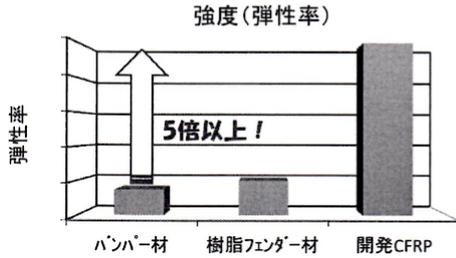


Vf=30%、  
繊維長20mm

### 4. 2. 7. 1 射出成形用CFRTPおよび薄肉成形技術－1 (水菱プラスチック)

**材料性能**

- 高強度** : 炭素繊維強化によるPP複合材であり、剛性を5倍以上に向上。
- 低反り** : 強化材の処方改良により、一般的な射出成形用CFRPより変形量を低減。
- 塗装密着** : ベース樹脂の組成改良により、塗膜密着性を確保。

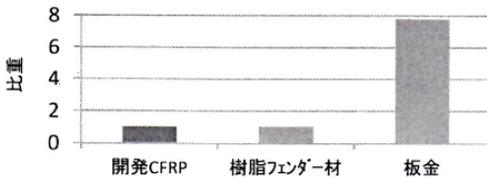


**材料費** ⇒ 樹脂フェンダ- 同等

**重量・コスト**

**重量** ⇒ 対樹脂フェンダ-  $\Delta$ 40%  
対板金  $\Delta$ 75%

※板金t0.8mm, 樹脂フェンダ- t2.5mmと同等面剛性の板厚設定時。



**適用部位**



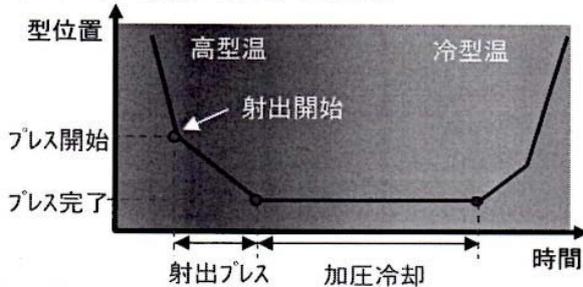
### 4. 2. 7. 2 射出成形用CFRTPおよび薄肉成形技術－2 (水菱プラスチック)

**成形**

**薄肉成形**

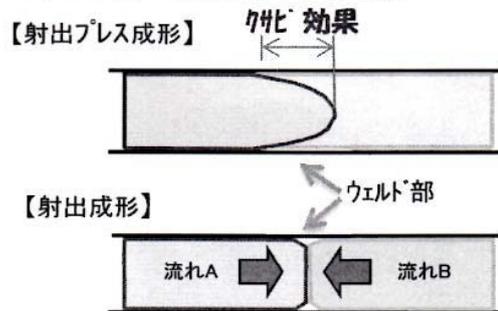
ヒート&クール成形・射出プレス成形複合技術にて板厚1.5mmの薄肉成形を実現。

【ヒート&クール成形&射出プレス成形】



**ウェルト強度**

射出プレス成形とゲート毎の樹脂量コントロールにてウェルト部の強度低下を抑制。

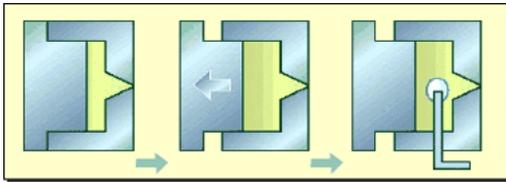


射出プレス成形とヒート&クールの複合技術で、板厚1.5mmの外観良好品

## 4. 2. 8 長繊維ペレットからの膨張成形

### プライムモールドE

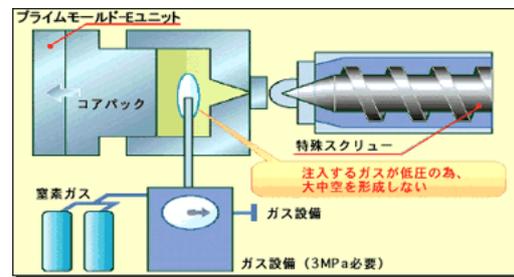
#### 【成形プロセス】



#### 【スプリングバック現象】



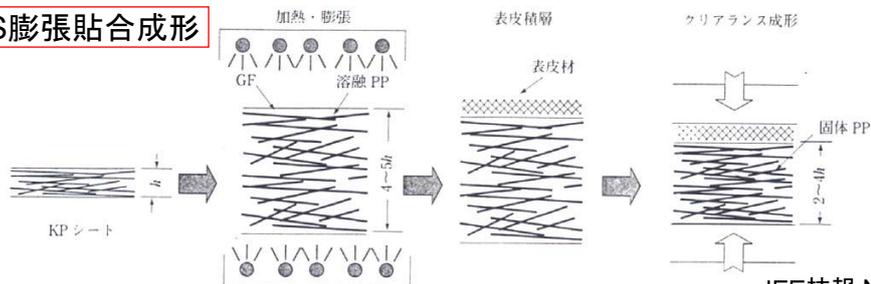
#### 【装置概略】



<http://www.primepolymer.co.jp/product/pp/2iem.html>

SC膨張成形も同様

### KPS膨張貼合成形



JFE技報 No4 2004年5月から

## 4. 3 インライン長繊維コンパウンド作成、成形の連続成形

### 4. 3. 1 連続繊維コンパウンド作成、成形の連続成形方法

3Y22作成

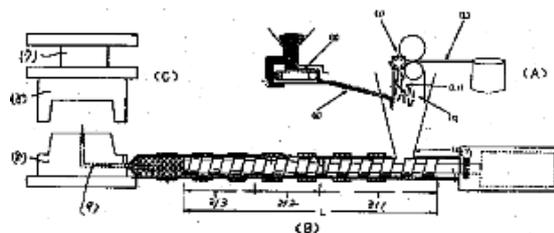
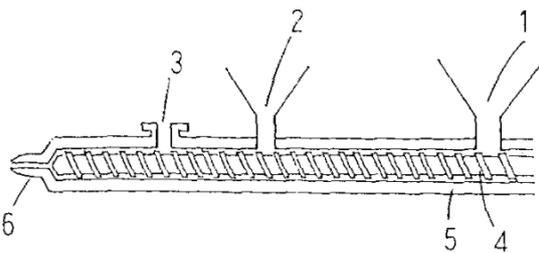
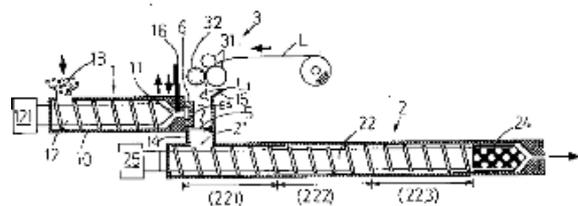
方法	備考	会社／名称
1. 連続繊維からコンパウンド作成、射出プレス成形	連続繊維を用いてコンパウンドを作成し、豎型締めで射出プレス成形	住友化学 ／インラインRSPM
2. 連続繊維からコンパウンド作成、射出成形	連続繊維を用いてコンパウンドを作成し、横型締め射出	Krauss Maffei ／IMC
3. 連続繊維からコンパウンド作成、豎型締めプレス	連続繊維を用いてコンパウンドを作成し、押出品を豎型締めプレス	Dieffenbacher ／LFT-D-ILC ,CPI
4. 同上	同上。その他各種設備付与	NCC(ナショナルコンポジットセンター)

### 4. 3. 2. インラインRSPM（住友化学）

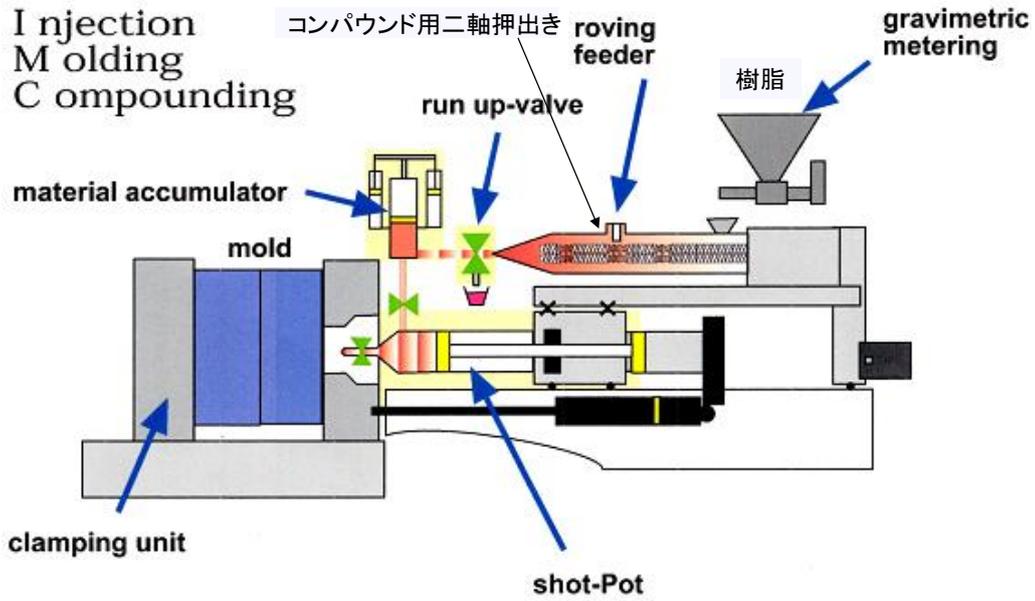
2Z10追加

特許2850392他

連続またはチョップド繊維とプラスチックを同一の供給口または別の供給口から射出成形機シリンダーに供給し、この溶融体をまだ閉鎖していない金型に射出して、射出後または射出しながら、型締めを行って繊維複合プラスチック成形品を得る。



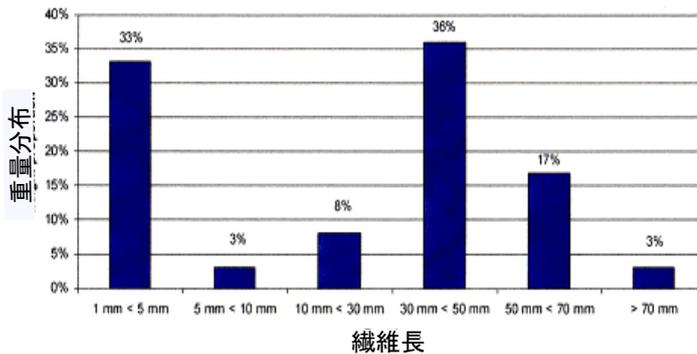
### 4. 3. 3. 1 Krauss-MaffeiのIMC-1



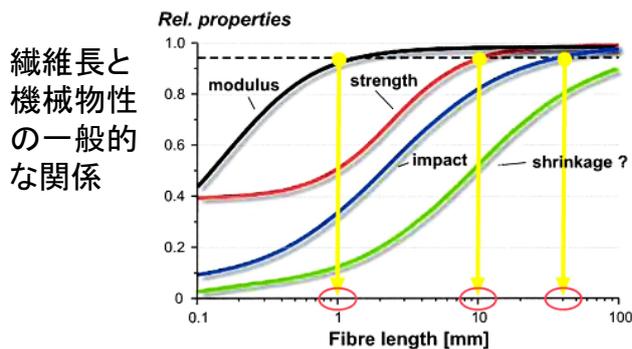
[http://www.speautomotive.com/SPEA\\_CD/SPEA2007/pdf/a/thermoplastics\\_part1\\_paper1\\_popella\\_kraussmaffei.pdf](http://www.speautomotive.com/SPEA_CD/SPEA2007/pdf/a/thermoplastics_part1_paper1_popella_kraussmaffei.pdf)

Huskyも同様な方法

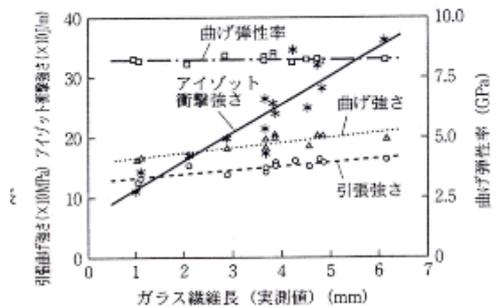
### 4. 3. 3. 2 Krauss-MaffeiのIMC-2



IMCにおけるノズルを出た後の繊維長 (GF30%)



⑨ プラストロン PPG 40 のガラス繊維長と物性の関係



### 4. 3. 3 Krauss-MaffeiのIMC-3

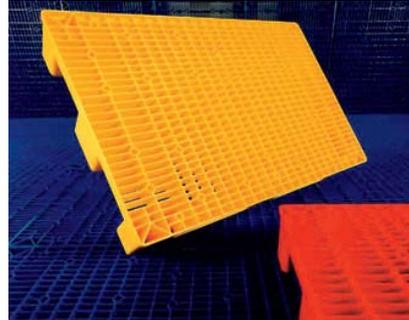


製品例 フロントエンド  
その他自動車の構造部品が中心

- インラインコンパウンド法の優位性
- 1) マトリックス樹脂の特性が維持される
  - 2) 樹脂が繊維の一本一本まで含浸され、高品質
  - 3) 熱に敏感な材料も可能  
(滞留時間が短く、せん断が緩やか)

下記のような利用も可能。

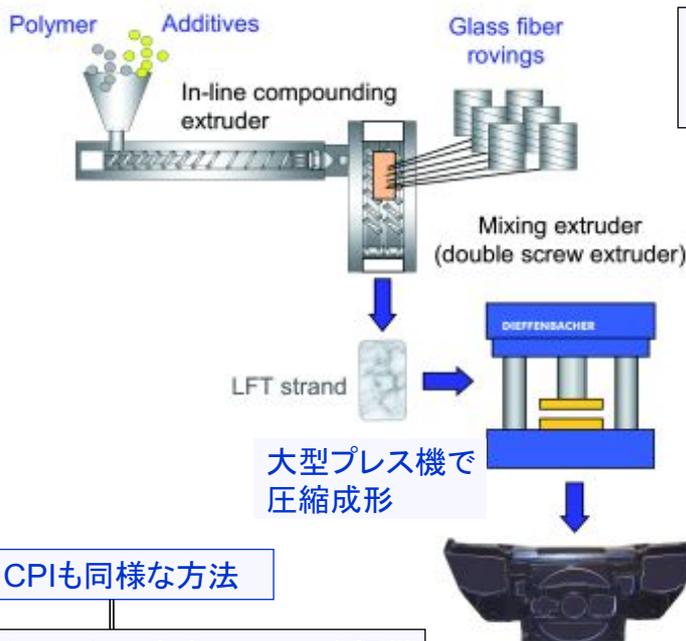
PP/PAのブレンド品から、  
グラフト反応、機能化、LGF  
との一体化が1工程で可能。



PP/PAブレンド品から成形したパレット

[http://www.kraussmaffei.de/files\\_db/dl\\_mg\\_1158062834.pdf](http://www.kraussmaffei.de/files_db/dl_mg_1158062834.pdf)

### 4. 3. 4 DieffenbacherのLFT-D-ILC



LFT-D-ILC:  
Long Fiber Thermoplastic  
Direct In-line Compound



この場合は、アッパー部を  
テキスタイルでさらに補強

- 射出成形法に対する優位性:
- 1) サイクルタイムが短い
  - 2) キャビティ圧が均等で、せん断が少ない
  - 3) 表面用の織物、フィルムのハンドリング性良好

[http://www.ict.fraunhofer.de/EN/coreco/PE/Fibre\\_composites/LFT/index.jsp](http://www.ict.fraunhofer.de/EN/coreco/PE/Fibre_composites/LFT/index.jsp)

#### 4. 3. 5. 1 NCC(ナショナルコンポジットセンター)の成形装置ー1

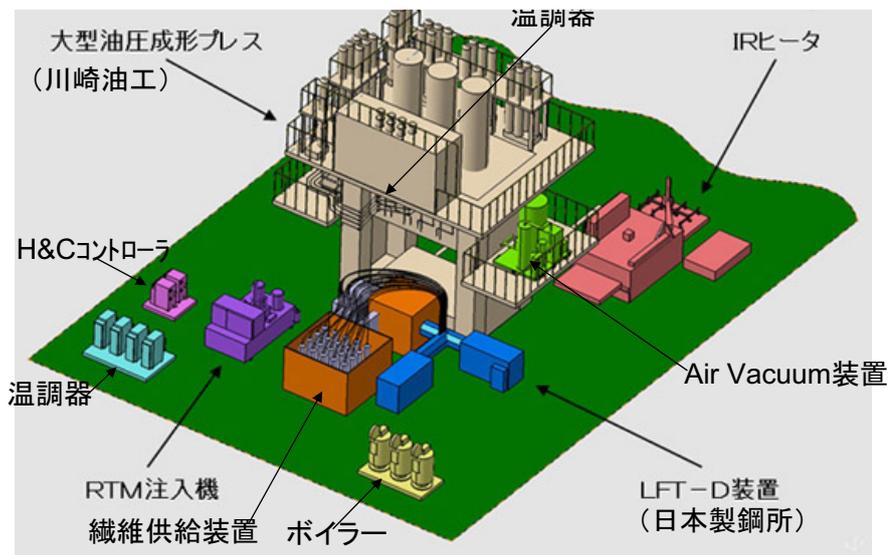
名古屋大学の次世代複合材技術確立支援センター(NCC:National Composite Center)が炭素繊維強化プラスチック(CFRP)向けの大型プレス成形システムを導入

NCCは、産学官の連携によるCRRP成形技術の研究開発を目的に2012年4月1日に設立。

今回の「大型複合材プレス成形システム」を導入することにより、これまで海外でしか実施できなかった実物大のCFRP成形技術の実証・評価が可能となり、NCCで確立した製造技術を生産現場に直結させることができる。

装置概念図および仕様は次頁

#### 4. 3. 5. 2 NCC(ナショナルコンポジットセンター)の成形装置ー2



- ・最大出力35000kN、アキュムレーター(ACC)ドライブ制御付きで最大3m×2mの大型部品を高速成形可能
- ・材料供給設備としては炭素繊維と熱可塑性樹脂を直接混練射出することができるLFT-D(Long Fiber Thermoplastics Direct)装置
- ・熱可塑性樹脂を400℃まで短時間で加熱可能な遠赤外線(IR)ヒーター
- ・熱硬化性樹脂の供給装置(RTM注入機)
- ・金型の温度を制御するための各種温度調節装置、熱源となるボイラー
- ・型内の空気を排出するための真空脱気装置

## 4. 4 繊維織物、マット等と樹脂との 一体成形

3Y22更新

### 4. 4. 1 繊維織物、マット等と樹脂からの一体成形

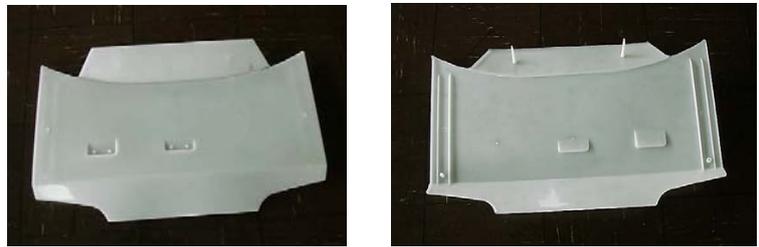
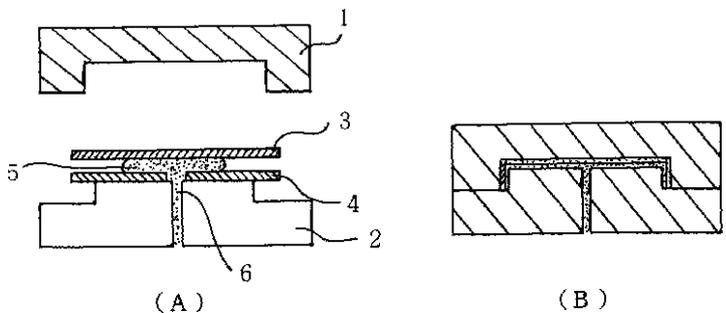
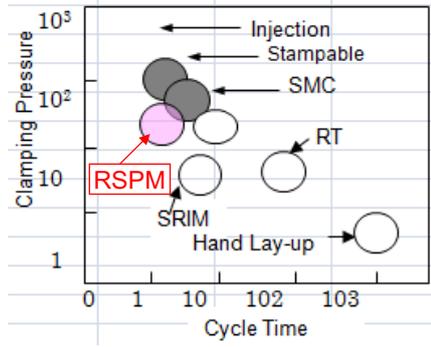
方法の分類	概要	メーカー
1. GF等のマットと溶融樹脂樹脂の一体成形(RSPM)	GF、CFマットをインサートして、樹脂を供給し射出プレス成形	住友化学
2. CF織物とTPシートのプレス成形法	CF織物とTPシートをプレス成形	キャップ／浅井産業
3. CF連続繊維層、不連続繊維層一体成形	CF連続繊維層、不連続繊維層一体成形	茨木工業

現時点では樹脂の繊維層への含浸性に課題があると思われる

### 4. 4. 2 RSPM (住友化学)

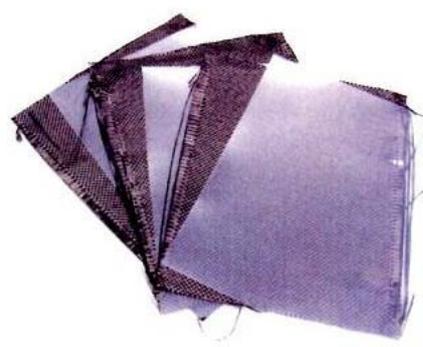
特許2697077他

繊維マット、織物などを金型内に複数枚重ねて載置して、まだ閉鎖していない金型に溶融樹脂を供給し、供給後または供給しながら、型締めを行って繊維複合プラスチック成形品を得る。

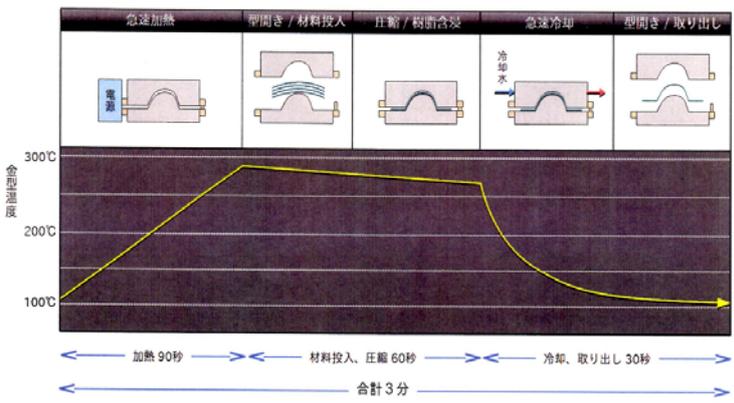


テスト成形品  
左: 表側  
右: 裏側

### 4. 4. 3. 1 CF連続繊維複合成形-1 (キャップ/浅井産業)



素材:  
CF連続繊維  
織物/TPシート



左: 本成形法による成形品  
右: プリブレグからの成形品

成形工程

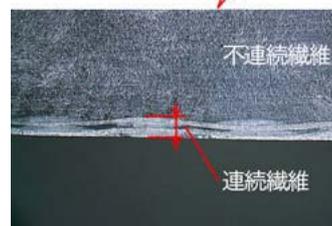
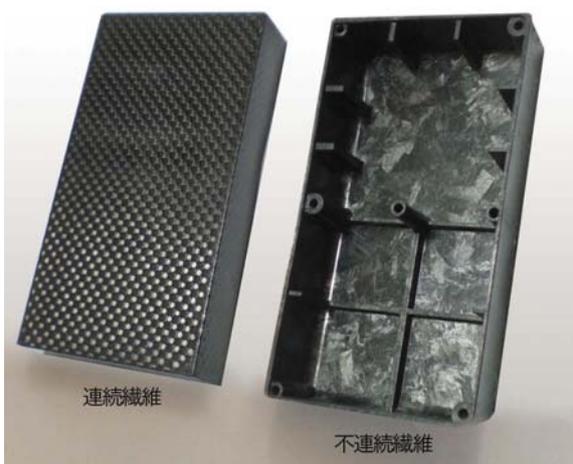
#### 4. 4. 3. 2 CF連続繊維／LCFRTPのハイブリッド成形－2 (キャップ／浅井産業)



#### 4. 4. 4. 1 連続繊維／不連続繊維による一発プレス成形 (茨木工業)

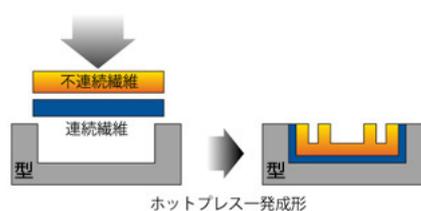
2Y10追加

関連4. 2. 5参照



PC等を用いた連続繊維層と不連続繊維層を1工程のプレス成形のみで成形

従来は連続繊維をプレス成形  
→インサートして、不連続繊維を  
射出成形



#### 4. 4. 4. 2 連続繊維／不連続繊維による一発プレス成形－2 (茨木工業)

素材をプレス一体成形する独自技術を2014年5月末までに確立し、新規設備も導入して実用化を目指す。総投資額は約3億円を計画。同成形品で年産約10万個体制を整え、プレス事業の売上高を現在の数千万円から2億—3億円に引き上げる方針だ。航空機部品や自動車部品で採用を狙う。

