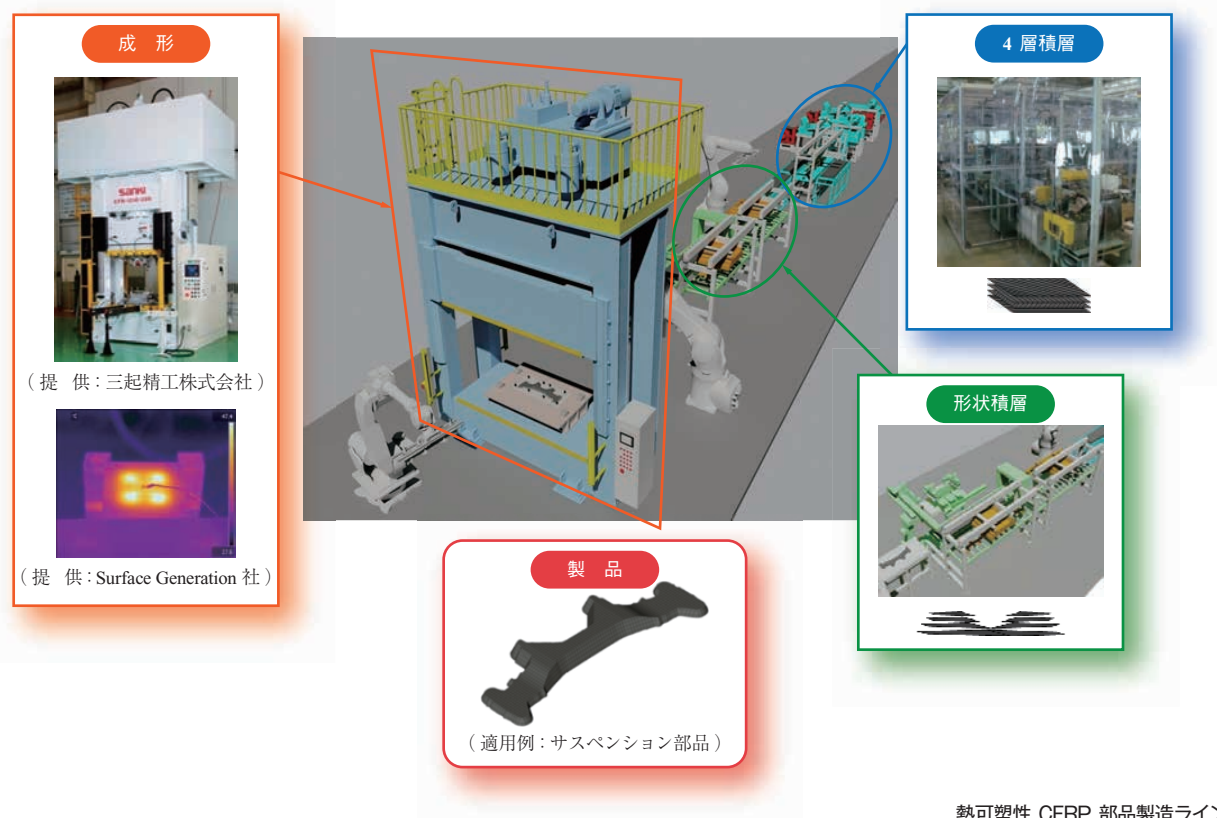


# CFRP 製造の 自動化ラインがスタンバイ!

## 熱可塑性CFRP部品製造ラインが拓くイノベーション

普段目にする事のない自動車の床下で、静かに軽量化が進んでいる。金属に比べて格段に軽く、強度も引けを取らない CFRP が、自動車をやさしく支えるサスペンションにまで採用されつつある。IHI が航空分野で育んだ CFRP 技術をベースに、自動車をはじめとする部品製造ラインの提供を開始した。



### CFRP とは?

CFRP (炭素繊維強化プラスチック) は、炭素繊維を樹脂で固めた複合材料で、鉄やアルミニウムなどの金属材料よりも低密度ながら、力学特性に優れている。この軽量・高強度という特長により、航空機やスポーツ・レジャー、風車などさまざまな分野で利用が進んでいる。自動車分野では軽量化により今後の燃費

規制への有効な対策としても期待されている。

CFRP に使われる樹脂には熱可塑性と熱硬化性の2種類がある。熱可塑性 CFRP は加熱すると軟化して可塑性をもち、冷却すると硬化する性質がある (ポリプロピレン、ポリアミドなど)。一方、熱硬化性 CFRP は加熱すると重合反応の結果、硬化して元に戻らなくなる性質がある (フェノール樹脂、エポキシ樹脂など)。

すでに、自動車の骨格部品には熱硬化性 CFRP が使用されている。この利点は、硬さや耐熱性、耐水性を有する点である。しかし、成形時間に起因するタクトタイム（約 5 分）の限界があり、最近、タクトタイムが約 1 分まで短縮できる可能性のある熱可塑性 CFRP が生産性向上の観点から注目されている。また、熱可塑性 CFRP は複雑な三次元形状の部品、断面肉厚の異なる形状の部品などにも向いており、自動車産業のみならずさまざまな分野での適用が可能である。

### 航空エンジン技術が身近な部品製造技術へ

このように熱可塑性 CFRP は高いポテンシャルをもちながら、自動車部品としてほとんど使われていないのが現実であるが、その理由の一つとして、部品の製造工程が職人の手作業で支えられていて、生産性の高い製造ラインが世の中に存在しなかったことが挙げられる。株式会社 IHI 物流産業システム (ILM) は、金型の急速加熱・冷却システムを併用した短サイクルでの製造が可能な「熱可塑性 CFRP 部品製造ライン」の提供を開始した。この製造ラインは、IHI が航空エンジン向け熱可塑性 CFRP 部品の製造で培った確かな技術で裏付けされており、IHI の高い技術と ILM の産業装置に関するノウハウが合体して生まれた。

### 熱可塑性 CFRP 部品製造ライン

この製造ラインは、4 層積層装置、形状切断積層装置、成形装置の三つの装置から構成されている。熱可塑性 UD (UniDirection: 炭素繊維を一方向に引きそろえたもの) プリプレグを原料として、熱可塑性 CFRP 部品を製造する。

ここで、プリプレグとは炭素繊維などに樹脂を均等に含浸させ、加熱または乾燥した強化プラスチック成形（中間）材料であり、CFRP 製造の主役である。

熱可塑性 CFRP 部品製造ラインの 3D イメージ図を示す。最初の工程は、熱可塑性 UD プリプレグを 4 層以上の多層に積層する工程で、4 層積層装置が担う。次の工程は、4 層疑似等方性シートを必要な輪郭に切り出し、三次元形状に積層する工程で、この装置を形状切断積層装置と呼んでいる。最後は金型急速加

熱・冷却装置を付属した油圧プレスで、所望の形状に加工する工程で、三次元形状に積層された半製品を金型内にセットし、加圧、加熱、冷却によって CFRP 部品を成形する。

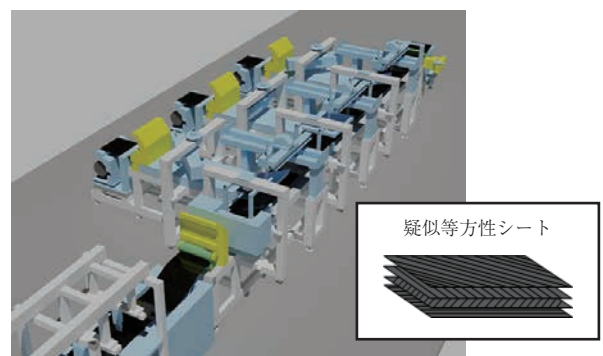
基本構成は 3 工程（装置）であるが、お客さまによって使用される複合材の種類、形状、生産量、サイクルタイムなどの要求仕様が違うため、製造ラインの詳細はカスタムメイド対応で最適な CFRP 製造ラインを提供できる。

### 4 層積層装置

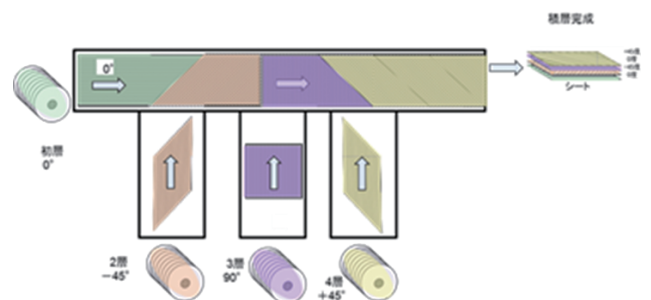
プリプレグ 4 層積層装置全体のイメージ、積層概念図を示す。原料はロール状の UD プリプレグを使用する。

この装置は原料の UD プリプレグを異なる角度で積層・仮止めし、疑似等方性シートを製造する。

4 層積層プリプレグは繊維の方向が 0°、-45°、90°、45°のシートをライン上で積層して成形する。積層ピースのカット、回転、仮止めなどの工程はすべて自動的に処理される。従来、人手で処理されていた工程を自動化し、熱可塑性 CFRP 製造コスト削減に貢献している。



プリプレグ 4 層積層装置



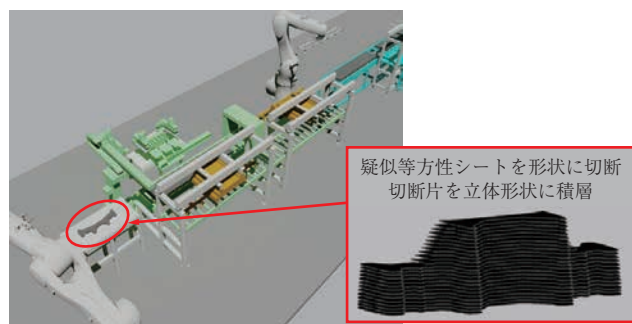
積層概念図

なお、本装置は支流の増減で任意の積層数に、切断角度を変化させることで任意の積層角度にして、強度に方向性を与えるなどの要求にも対応することが可能である。

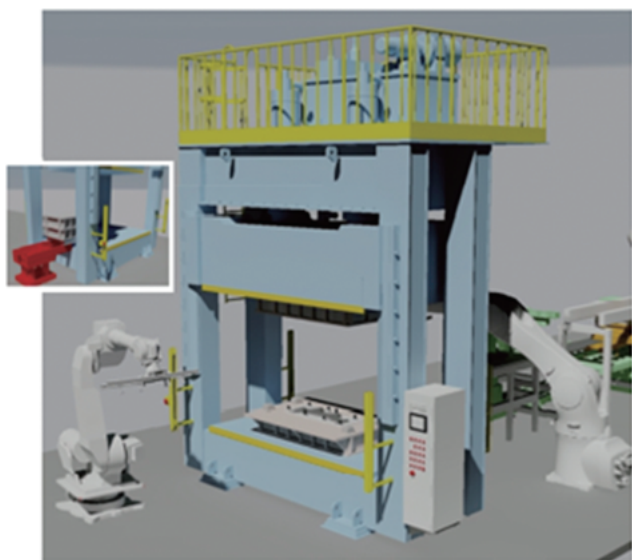
## 形状切断積層装置

形状切断積層装置は前述の4層積層装置で作られた4層積層シートから、成形前の三次元形状のプリプレグ積層体を製造する装置である。下に形状切断積層装置のイメージ図を示す。

三次元形状プリプレグ積層体は形状の異なる4層積層プリプレグの切断片を等高線状に積層、仮止めすることにより形成される。プリプレグの切断方法としては超音波カッター切断、レーザー切断、トムソン刃による切断などがあり、形状に合った効率的な切断法を採用し、材料の歩留まり向上を図ることが重要である。切断された各ピースはロボットによりピックアップ



形状切断積層装置



急速加熱・冷却装置付き成形機

プされ、積層ステージであらかじめ指定された形状に配置、積層される。これまで手作業に頼っていた製造工程を自動化することによって、時間短縮はもとより、位置決め精度の向上による品質安定も実現できる。

## 急速加熱・冷却装置付き成形機

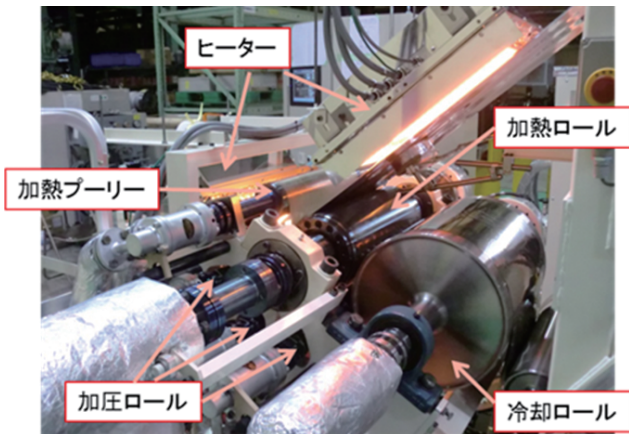
最後に、形状切断積層装置で製作された三次元形状プリプレグ積層体を製品形状金型にセットし、油圧プレスで加圧すると同時に、加熱・冷却することによりCFRP部品の最終形状に成形する。

## 熱可塑性プリプレグ製造装置

これまで、熱可塑性CFRP部品製造ライン全体的話をしてきたが、IHIグループでは中間材料であるプリプレグに着目している。熱可塑性CFRPの中間材料であるプリプレグは、部品成形における生産性の高さや材料の取り扱いやすさから、自動車や一般産業への将来的な需要拡大が期待できるからである。2014年には、熱可塑性CFRPプリプレグを効率良く製造する自動装置の開発に着手した。

プリプレグ製造装置の基本構成は基材供給部（クリール、クロス巻出し機）と含浸部（加熱ロールによる加圧部）の二つである。本装置はタイヤ用ゴムやプラスチックシートを成形するカレンダー装置技術を基本技術として開発が進められている。樹脂の成形（シート化）と含浸を同時に行うことができるとともに、カレンダー装置が有する厚みコントロールのための装置構造や油圧制御技術が生産されるプリプレグの品質を担保する。

写真は2015年に開発・製作したプリプレグ製造テスト装置である。開発目標に、高生産性、高エネルギー効率、樹脂原料としてコストの高いフィルム状のものを使わないことを掲げ、幅300mm基材に対応可能な装置とした。本装置で各種材料（基材、樹脂）および条件についてサンプルトライアルを実施し、ある程度の基材目付量（単位面積当たりの質量）においては、生産性や炭素繊維間への樹脂の含浸状態（含浸度合）ともに良好な結果を得ることができた。今後は厚みや表面状態など、含浸度合以外のスペック



プリプレグ製造テスト装置

への対応やフィルムレス対応について継続して開発していく。量産装置として提供できる日も近い。

IHI グループは、航空エンジン技術を核に熱可塑性 CFRP を使った製造技術の先端を走っていると自負しているが、自動車をはじめとする産業用部品製造の場合、用途に合わせた柔軟な製造ラインを提供しなければならない。そのためには、熱硬化性 CFRP 製造技術も保有する必要がある。そこで ILM は、ヨーロッパにおいて熱硬化性 CFRP 製造に実績のあるイタリア CANNON 社と提携し、熱可塑性／熱硬化性の両方の CFRP 部品製造ラインの提供を可能とした。

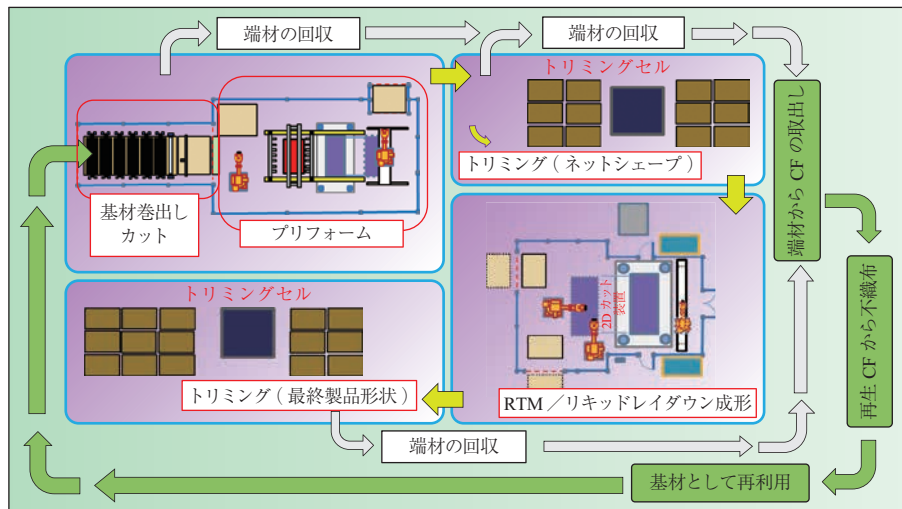
## 原料からリサイクルまで

CFRP を一般部品材料として活用するとき、欠かせないのがリサイクル技術である。現在の CFRP 部品製造工程では、材料の約 4 割が端材として捨てられる。鉄、アルミニウムのような金属は、比較的容易にリサイクルできるが、炭素繊維を樹脂で固めた CFRP は簡単ではない。CFRP 部品のコストを下げるには、製造工程ばかりでなく、このようにリサイクル工程も改善しなければならない。

また、以前から自動車メーカーに向けて機械プレスや FA ( Factory Automation ) 設備を多数納入した実績や経験を活かし、これらの分野で培った知見・技術を合わせることで、お客さまによって異なるライン全体の最適化などのニーズに対応していくことが可能となる。ILM は量産性および品質の安定化、サイクルタイム短縮、トータルコスト低減などを実現する量産自動車の軽量化に最適な CFRP 成形・リサイクルシステムの提案を目指していく。

### 問い合わせ先

株式会社 IHI 物流産業システム  
プロジェクトセンター  
ガラス FA 部  
電話 ( 03 ) 6204 - 8172  
URL : [www.ihico.jp/ilm/](http://www.ihico.jp/ilm/)



(注) RTM : Resin Transfer Molding  
CF : Carbon Fiber

CFRP 成形・リサイクルシステム