

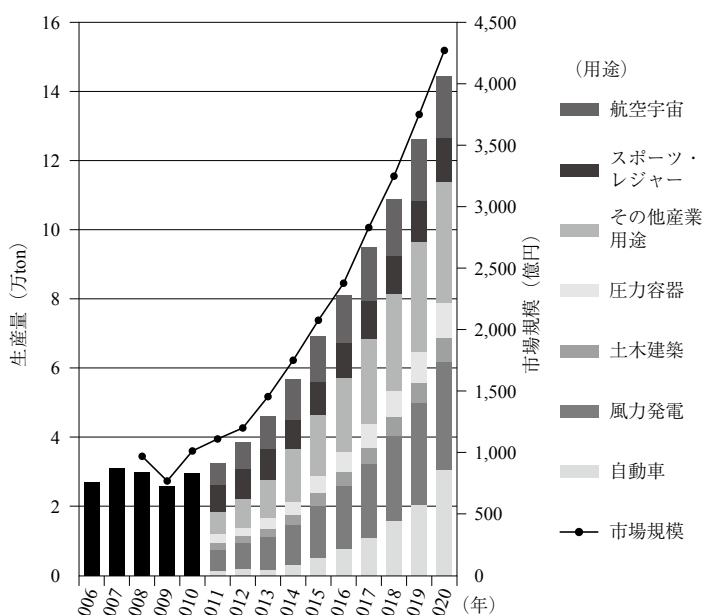
リサイクル炭素繊維を使った樹脂複合材 「ReMax Composite®」

川村 早紀* 漆原 勝**

はじめに

1961年、大阪工業試験所の進藤博士によりPAN系炭素繊維が発明され、1970年代に化学品メーカーが炭素繊維(CF)製品を世の中に提供するようになって久しい。1980年代にスポーツ製品や一部航空宇宙製品に徐々に実用化され、2006年、ついに東レ/ボーイング社が、787機体の大部分への炭素繊維強化樹脂(CFRP)の適用を実現させた。世界はこれを契機に、当時3万tonに満たなかった炭素繊維世界需要が年率15%を超える成長率によって2020年には14万tonを大きく超えると目論んだ(図1)¹⁾。炭素繊維で先行していた日本は、技術先進立国の復権をかけた成長戦略の柱の一つに“炭素繊維関連技術開発とその実用化”を位置付けた²⁾。

しかし、様々な市場拡大障壁が重なった結果として、世界市場の販売量は2018年時点で8万ton程度にとどまり、思うように伸びていないのが実態である³⁾。この伸び悩みの背景には、世界経済の成長鈍化・複雑化やコロナ危機などによる炭素繊維関連産業の足踏みと合わせて、地球環境問題の深刻化と経済・産業社会のサステナビリティ重視への方向転換があり、後者が炭素繊維



資料：「高機能繊維と応用製品市場の現状と将来展望」(富士経済)及び企業推定情報から経済産業省作成

図1 炭素繊維の需要及び市場規模予測¹⁾

維という素材に逆風をもたらしていることを無視できない。サステナブルな開発/製造/供給といった課題を乗り越えなければ、この炭素繊維という優れた素材の市場のボリュームゾーンでの活躍は実現しないだろう。

炭素繊維の主たる用途は、高圧タンクのように繊維単体で使用されるものと、CFRPのように樹脂との複合化によるものがあるが、将来適用を待たれている潜在市場の規模は、後者が圧倒的である(高機能エンブレ市場全体をCFRPへの置換対象とみなした場合)。従って、炭素繊維市場の拡大はCFRP

の市場拡大と同義となり、このCFRP市場拡大のカギは、コストが高いという経済性の障壁の払拭と、上記サステナビリティとの協調にあると考える。

事実、CFRPの開発現場では、優れた特性・物性・機能の訴求だけでは市場実装は進まず、低コスト化できて初めて実用化の土俵に乗る資格を獲得できるという事実を直視するようになってきたし、地球環境面でのマイナスイメージを払拭しない限り、市場拡大は許されないことに気づき始めている。CFRPは、“高度で独創的な材料・加工開発や特性の差別化の追求”から、

* Saki Kawamura
** Masaru Urushihara
佐久間特殊鋼(株) 技術サービスグループ
Tel. 052-623-5553
Fax. 052-623-5558

“コストと資源循環／サステナビリティの装備による使いやすさの開発”へと、市場拡大における焦点がシフトしていると認識している。

1. CFRP市場拡大における課題と当社の材料開発着眼点

1.1 リサイクル炭素繊維強化樹脂ペレット「ReMax Composite®」

当社では、先述したCFRP市場拡大における二大課題①低コスト化と②サステナビリティとの協調に注目し、リサイクル炭素繊維強化樹脂ペレット「ReMax Composite®」（以下®を省略）を開発した。「ReMax Composite」はベースレジン内に短繊維CFが均一分散した射出成形用の炭素繊維強化樹脂ペレットで、原料にリサイクルした炭素繊維を使用している点が最大の特徴である。

以降、「ReMax Composite」開発にあたっての着眼点と考え方を紹介する。

1.2 CFRP市場拡大における課題；①低コスト化へのアプローチ

CFRP市場拡大における一つ目の課題“低コスト化”を検討するにあたり、材料の性能を下げることなくコストを下げる方法について考えた。低品質で安価な炭素繊維は、オフグレードとしてすでに市場に出回っているが、市場のニーズは低品質を相変わらず許していない。CFRPを使う理由は高機能・高性能にあることは変わらないのである。結局、高機能・高性能を維持しながらコストを下げたい、ということになるが、市場拡大していない素材の単価を下げることは市場原理的に無理がある。素材単価を抑えたい場合、“リサイクル・リユースすれば原料コストが下げられる”とイメージされることがよくあるが、化学系素材は一般的にリサイクルコストが大きく、バージン

よりも高値となりがちでリサイクルは低コスト化の解とならないことが多い。一方、炭素繊維の場合は、価格を抑えたりリサイクルが可能であり⁴⁾、当社はこの点に着目し、リサイクルした炭素繊維（以下、リサイクルCF）を原料として採用することにした。

一般に市場で注目されている連続繊維CFRPにおいては、リサイクルによって炭素繊維の繊維長や繊維径、表面性状などが変化し、主目的である繊維強度や、ベースポリマーとの界面密着性が低下してしまうことが分かっている。そのため、“リサイクル品は低性能、低品質”とみなされることが一般的である。一方、当社が扱う短繊維CFRPでは、そもそも初めから繊維長が短く“金属並以上の強度の発現”を主目的としていないため、リサイクルによる繊維長の短化は性能上の問題とならない。また、仮に強度に着目したとしても、短繊維CFRPではバージンCFを使用した場合とリサイクルCFを使用した場合において成形品の強度差はほとんどない（図2）。よって、リサイクルCFを射出成形用短繊維CFRPに適用することにより、低コストでありながら十分な高付加価値を発現する材料に仕上げるのが可能になる。

更に、素材単独で“高度で独創的”であることを追求してきた我々素材の

作り手側の持つ従来型の価値観にも問題があると考ええる。これまでは、素材が製品の特性を決定するような場面が多く、これが製品の特殊性、差別性、競争力を生み、オンリーワンであればあるほど、優位性が高く、先行者利益も大きくなると信じられてきた。しかし、ハードからソフトへ市場のニーズの焦点が移るにつれ、様々な製品／サービスの開発サイクルの短期化や製品の短寿命化と相まって、オンリーワン素材開発によるうれしさの提供は期待効果が小さくなってきており、独占的利益を生む確率も低くなっている。高度で独創的な“変わった材料”やオンリーワンからしか入手できない“調達しにくい材料”では、いくら優れた特性を持っていたとしてもその優位性が利益につながるのは一瞬に過ぎないことを、製品市場は冷静に見極めている。ユーザー側の姿勢はむしろ、これら特殊材料は“扱いにくく、避けたい”と敬遠し始めているのである。そこで当社では、材料を特殊化するのではなく、“扱いやすさ”を重視し、特殊性を抑えた実用的コストにより“良品廉価”の部品に仕上げるサービスやその部品の流通サービスにより付加価値を提供しようと考えた。作り手の思い込みから顧客の現実的ニーズに視線を移したのである。

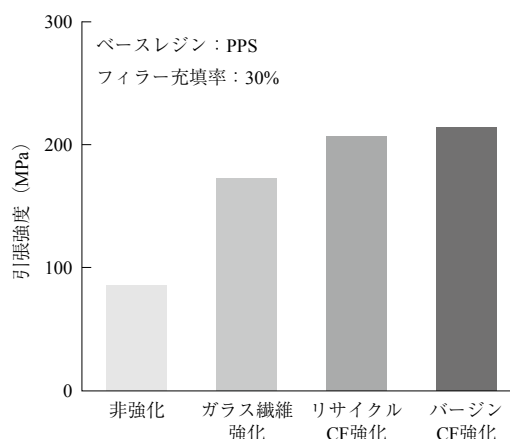


図2 充填材による射出成形品の引張強度

例えば、素材単位では高価で使えなかった炭素繊維であっても、部品化によってコストパフォーマンスを引き上げるサービスが可能となる。しかし、実際にCFRPを部品化するにあたっては、混練、成形、切断、切削などいずれも専門的な技術を必要としており、容易に実用化できる状態ではないのが現状である。更に、そのニーズは広く顕在化していないため、“部品化”はユーザー個別でなんとかしているのが実態で、まとまった形で量産レベルでの部品化トータルサービスを提供している例はまだ少ない。従来のエンブラにおける大量少品種生産型の射出成形サービスと比べると、CFRPと相性の良い少量多品種生産の部品化スキームは、プロトタイプ/試作専用サービスにとどまっているのが現状である。こうした“使いこなし技術市場”ともいえる部品化サービスの市場拡大のスピードは遅く、開発プレイヤーも限定的である。当社はこれら要素技術の折り込みや連携をコーディネートすることにより、“高付加価値/カスタム製品”“多品種少量生産製品”に対応する射出成形CFRPの市場創出、拡大に貢献しようと考えている。つまり、材料単体の単価にこだわるのではなく、材料が提供する付加価値をもっと広い視野で考え、コストパフォーマンスの良い部品化サービスを提供することにより、大きな潜在ニーズを引き出すことができると思う。

1.3 CFRP市場拡大における課題；②サステナビリティとの協調へのアプローチ

二つ目の課題である炭素繊維の“サステナビリティとの協調”について考えてみる。近年CFRP業界では、CFRPの廃棄/エネルギー回収/リサイクルなど資源循環の難しさといった市場での取り扱い上の課題やCF製造時のエネルギー消費/CO₂排出の課題が顕在化してきた。

これまで、廃材となったCFRPはプラスチック材料に準じた処理が適用されてきているが、実際は一般のプラスチックのように焼却処理し熱エネルギーとして回収することが難しく、埋め立て廃棄せざるを得ないのが現状である。この埋め立てについても世界的に法規制される方向であり、このままでは炭素繊維及びCFRPは資源循環どころか廃棄すら許されない素材、“地球を汚すから世の中に出してはならない素材”とみなされてしまい、世界にとっても日本にとってもその活躍の大きな機会損失となりかねない。

当社では、このような炭素繊維の市場拡大のボトルネックである資源循環性に着目し、なりゆきでは廃棄することすらままならない炭素繊維を、市場ユーザーとしてリサイクル・リユースすることによりこのボトルネックを解消させ、これによって炭素繊維の潜在価値を最大限に発揮させる市場の創出を考えた。

1.4 ポリウムゾーンへの適用

ここまで、CFRP市場拡大における二大課題に対する当社のアプローチを紹介したが、課題①②どちらにおいても市場への影響の大きさを考えると、ターゲットとして市場のポリウムゾーンを狙っていくことが効果的であ

る。

CFRPの使用用途を分類すると大きく二つに分けることができる。一つは①金属部材からの置換、もう一つは②プラスチック部材からの代替である(図3)。

①金属部材からの置換を直球で狙う場合、金属をしのぐ機械的強度発現を目標とした“連続炭素繊維複合樹脂(連続繊維CFRP)”がその領域に当てはまる。連続繊維CFRPは鉄やアルミなどの金属よりも比弾性率が優れており、強度に着目した金属代替に有効な材料である。一方で、コストが高く、成形方法においても汎用性、生産性に課題が残り、開発は大手材料メーカーを中心に進んでいるものの、市場の拡大が難しい領域となっている。

一方、②のプラスチック市場を眺めれば、射出成形に代表される大量生産のポリウムゾーンが現存し、この市場はユーザー側の使いこなし技術などの基礎的な協固めは十分である。この領域に当てはまるのは射出成形で使用する短繊維CFRPである。射出成形用の材料として不連続なCFを使用するため、強度や弾性率については連続繊維CFRPと比べて一桁程度低い値であるが、価格・成形両面において扱いやすい領域であり、何より代替時のポリウムゾーンが期待できる。

そこで当社は、特性面で尖った①の

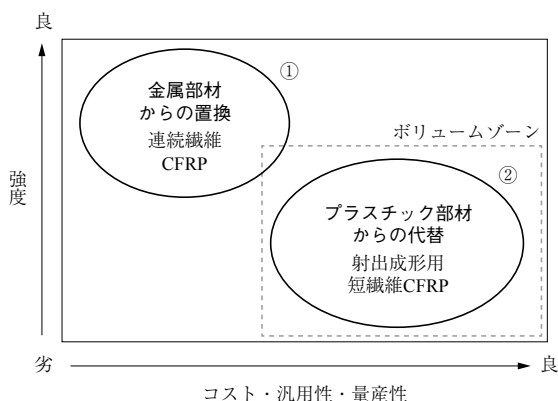


図3 CFRPの適用対象領域

市場を狙った連続炭素繊維強化材ではなく、強度発現効果が限定的で科学技術的な先進性こそ控えめではあるものの、②の市場への実装が身近に実現できる“射出成形用短繊維CFRP”を扱うこととした。

まとめると、市場開発が遅れている射出成形用短繊維CFRPにリサイクル炭素繊維を適用することによって、“炭素繊維資源循環による市場拡大ボトルネックの解消”と、“射出成形品という樹脂ボリュームゾーンへのCFRP適用”の相乗効果を狙い、ここに材料の差別化にこだわることなく“部品化・実用化サービスを通じた付加価値の提供”を上乗せすることにより、CFRP市場創出が可能となると考えている。

2. リサイクルCFを使用した短繊維強化樹脂複合材料の特徴

2.1 rCFRPの付加価値発現領域

改めて、当社が開発した短繊維強化樹脂複合材料（以下、rCFRP）「ReMax Composite」について紹介する。繰り返しになるが、「ReMax Composite」はベースレジン内に短繊維のリサイクルCFが均一分散した射出成形用のCFRPペレットである。当社では、このrCFRPの真の付加価値発現領域は機械的強度よりむしろ、機能上の特徴を最大限活かした領域であると考えている。

そのなかでも特に重要な機能特性として、①耐摩耗特性 ②寸法精度 ③導電性 ④耐腐食性 が挙げられる。以降、①～④それぞれについて、機能発現のメカニズムや期待できる活用事例などを紹介する。

2.2 耐摩耗特性

rCFRPはベースレジン内に固体潤滑効果のあるリサイクルCFが分散した耐摩耗特性に優れた材料である。ポイ

ントはrCFRPが摺動摩耗した際に発生する摩耗粉で、このリサイクルCFを含む摩耗粉が界面のすべりを改善し、界面の摩耗を抑制していると考えている。そもそもCF自体は硬度が高く、相手を傷つけやすいといわれている。しかし、CF表面及びCFRPをリサイクルした際に発生する樹脂由来の炭素成分（炭素残渣）には固体潤滑性のグラファイト構造が存在し、これが摩耗により剥離し界面に残存しながら摺動することで、むしろ潤滑層の働きをすると考えている。

rCFRPの耐摩耗性調査として、“滑り摩耗試験”を実施した。今回採用した鈴木式の滑り摩耗試験（図4）では、評価したい樹脂プレートの上に金属リングをセットし、荷重をかけながらプレートを回転させる。一定時間摺動さ

せた樹脂プレートと金属リングそれぞれについて、摩耗重量を測定した。今回評価したrCFRPのグレードはPPSにリサイクルCFを40wt%添加した材料であり、比較材には市場で構造用途の部品に多く使われている短繊維ガラス繊維（GF）強化樹脂の射出成形品を選択した。滑り摩耗試験での評価結果を図5に示す。rCFRPは短繊維GF強化樹脂に比べ、自身（樹脂プレート）で45%、相手材（金属リング）で40%程度摩耗量を抑えることができるという結果が得られた。これにより、rCFRPは一般的な短繊維GF強化樹脂に比べ、摺動時の自身の摩耗及び相手材への摩耗攻撃性、どちらも大きく抑制できることが確認できた。

この摩耗の大きな改善が生じた要因を、摺動時の動摩擦係数の挙動と試験

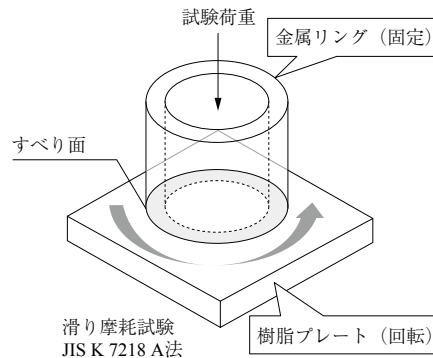


図4 鈴木式滑り摩耗試験

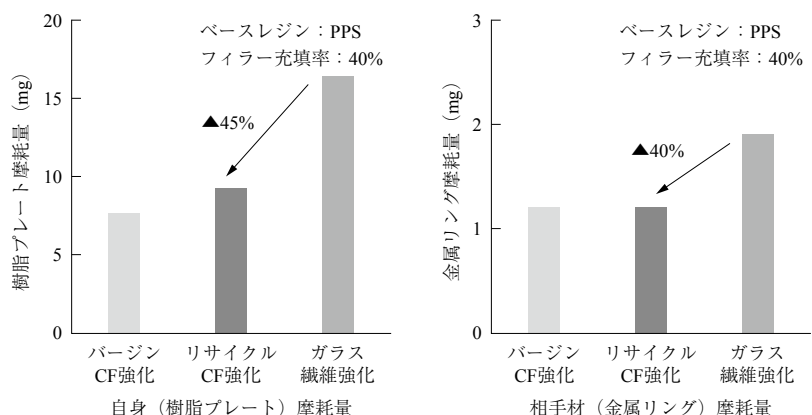


図5 滑り摩耗試験 耐摩耗特性

後の摺動面を走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察した結果から考察した。

図6にrCFRPと短繊維GF強化樹脂の摺動挙動の比較を示す。動摩擦係数に注目すると、rCFRPでは安定した摺動挙動を示している一方で、短繊維GF強化樹脂では、終始不安定な摺動状態が継続している。

また、図7に滑り摩耗試験後の摩耗摺動面のSEM画像を示す。実際に摺動試験後の摺動面をSEMで観察すると、rCFRPでは滑らかな摺動面が確認できる一方で、短繊維GF強化樹脂の摺動面には大きな凹凸が目立ち、摺動面が著しく摩耗している様子が見られる。

以上の結果から、rCFRPと短繊維GF強化樹脂の摺動摩耗メカニズムと

して、以下の仮説を立てた (図8)。rCFRPでは試験開始直後に動摩擦係数が上昇した後、一定期間で挙動が安定することから、摺動初期に発生した摩耗粉が引き延ばされ、すべり性が良好なフィルム (潤滑層) を形成していると考えられる。そのフィルムを含む滑らかな表面形成が早期に完了し、更には摩耗粉の固体潤滑効果によって、定常的に滑らかな摺動が継続していると考えた。

短繊維GF強化樹脂も同様に、金属リングと樹脂プレート間に摩耗粉を生じながら摺動するが、ガラス繊維の場合は摩耗粉の攻撃性が非常に高いため、金属リングと樹脂プレートを両方攻撃しながら摺動する。ゆえに滑らかな摺動面が形成されることなく、不安

定な摺動状態が継続したと推測する⁵⁾。

また、図5に示した通り、耐摩耗性についてはリサイクルCFとバージンCFの間に有意差は認められていない。更にリサイクルCFではその表面状態及び炭素残渣の存在が摺動特性に良い影響を与える可能性もあると考えており、この点についても検証を進めている。

このようにrCFRPは優れた耐摩耗特性を活かした活用法に期待ができる材料であり、現在この特徴を活かしてすべりねじ樹脂ナットなどの摺動部品で採用いただいている。すべりねじはモータなどの回転運動を直動運動に変換する機械要素部品であり、様々な産業機器の位置決めなどに使用されて

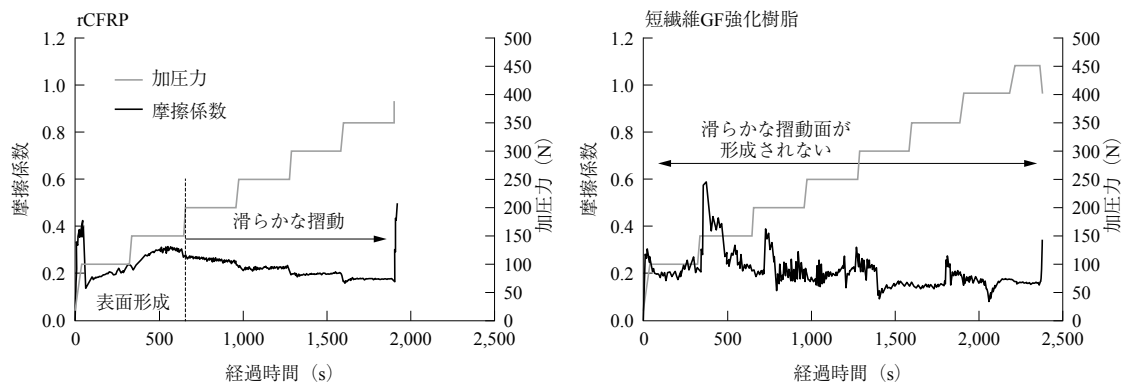


図6 滑り摩耗試験 摩擦係数の経過時間依存性

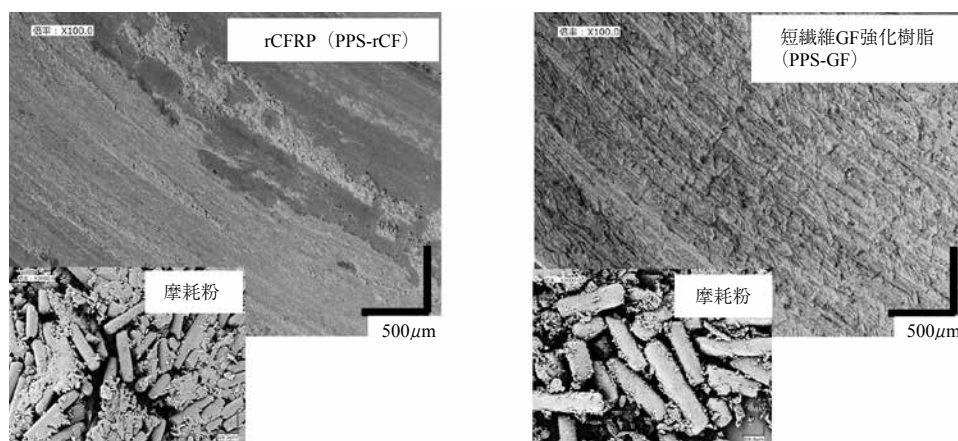


図7 滑り摩耗試験後の摩耗摺動面 SEM画像

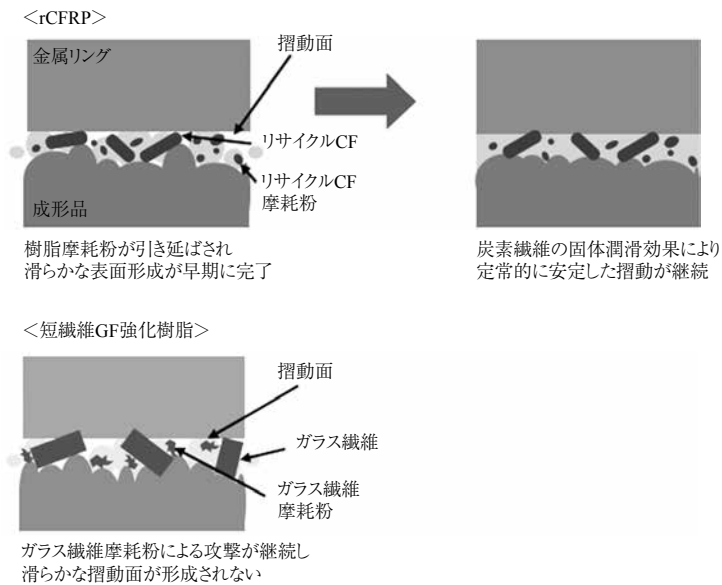


図8 rCFRP, 短繊維GF強化樹脂の摺動摩耗メカニズム (仮説)



図9 すべりねじ

いる。ねじを切ったシャフトとナットがセットとなっており、シャフトの回転によりねじ溝に沿ってナットが直動する。この際に重要となるのがナットの耐摩耗性である。実際にすべりねじ製品で摺動耐久試験を実施すると、rCFRPを使用したナットは短繊維GF強化樹脂を使用したナットに比べ、N倍の耐久性（ナット走行距離）向上が確認された（図9、協力：株式会社八幡ねじ）。

このような機械要素部品の耐久性向上・長寿命化が昨今の様々な産業分野における電動化・スマート化に貢献すると考えられる。例えば農業分野のス

マート化により、従来は人が行っていた水門の開閉作業を電動で遠隔操作するなど、電動化・スマート化するからこそ部品寿命を延ばし、人による部品交換回数を減らしたいというようなニーズが今後増加すると予想される。このような領域に対しても機能・コスト・汎用性の面で使いやすいrCFRPの特徴が生きていくと考えている。

2.3 高寸法精度

「ReMax Composite」のベースレジジンに使用しているPPSやPEEKなどの結晶性熱可塑性樹脂では、樹脂の冷却固化に伴う結晶化により、成形収縮が発

生する。また、どのような材料であっても使用環境の温度変化により材料の膨張・収縮が生じる。高い寸法精度が求められる部品においては、これらの寸法変化が重要視され、材料選定における重要な判断材料となっている。rCFRP, 短繊維GF強化樹脂, 非強化樹脂の成形収縮率の比較を図10に示す。

rCFRPでは、樹脂内に細かく均一分散した炭素繊維が樹脂の膨張・収縮を拘束し、成形収縮率及び線膨張係数の値を抑えていると考えられる。最も拘束力が高い流動方向においては、rCFRPの成形収縮率は短繊維GF強化樹脂の半分～1/3、非強化樹脂の1/10程度である。リサイクルCFの繊維径はおよそ5～8 μm 、ガラス繊維の繊維径は13 μm 程度であり、リサイクルCFはガラス繊維よりも単位重量当たりの本数が多いことに加え、ベースレジジンとの密着界面の面積が非常に大きいため、レジジンの膨張・収縮に対する拘束効果が大きい。ゆえにrCFRPは短繊維GF強化樹脂に比べ成形収縮率が小さいと考えられる。また、フィラー強化材料全般に該当する話であるが、フィラーの配向により複合材料全体の寸法変化に異方性が生じる点に注意が必要となる。

逆にこの異方性をうまく活かすことで、rCFRP活用の可能性を広げることができる場合もある。一般的に樹脂製品の寸法精度は金属に比べて劣り、それが金属から樹脂への代替において障壁となるケースが多い。一方、rCFRPの場合、フィラーの長手方向（流動方向）においては充填率と配向制御次第で金属又はそれ以上の寸法精度のポテンシャルを持っている（表1）。そのポテンシャルを発揮するためには、設計・成形・材料における連携した開発が必須であり、これもrCFRPの活用した部品開発における重要なポイントであると考えている。

活用事例としては、強度とともに高

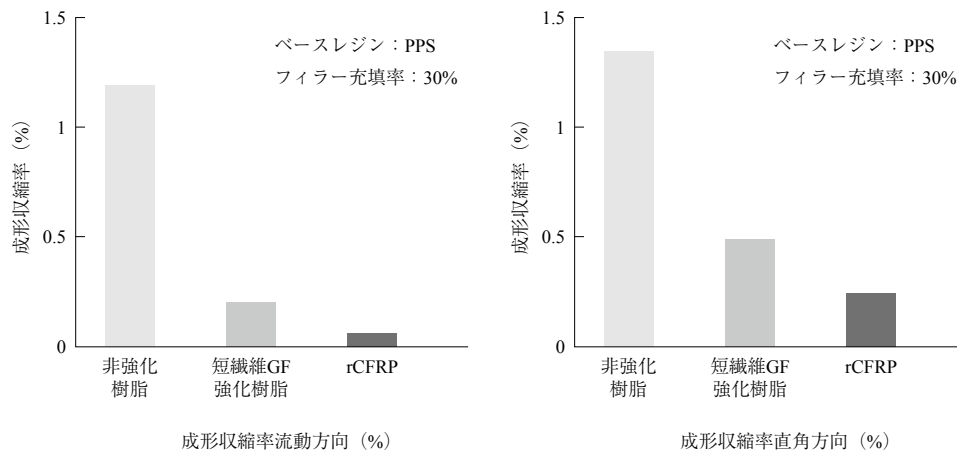


図10 充填材による成形収縮率

寸法精度が求められるギア製品やボルト（図11，協力：有限会社吉田化成），あるいは使用時の温度変化による寸法変化を抑制したい製品，例えば耐摩耗特性の項目で紹介したすべりねじなどの摺動部品を想定している。この寸法精度が部品精度及び耐久性に大きく影響するため，摺動部品にとっても寸法精度が重要な特性となる。

2.4 導電性

rCFRPは若干の導電性を有する。一般に樹脂材料は絶縁体であるが，炭素繊維自体が導電性を示す材料であるため，その効果によりコンパウンド後の材料であっても若干の電流が流れる。各種材料の導電性を図12に示す。位置づけとしては，静電気防止レベルの導電性であり，帯電を避けたいフィルターやカバーなどへの活用に期待ができる。

2.5 耐腐食性

rCFRPは樹脂材料であるため，当然それ自身が錆びることはない。一方，CFRPにおける腐食として懸念されているのはガルバニック腐食による接触相手金属の腐食であるが，当社材料の処方においては常温常圧通常湿度の環境下で相手金属の腐食は認められていない。

当社材「ReMax Composite」につい

表1 線膨張係数

項目	線膨張係数 ppm/K		
	rCFRP (PPS-rCF40wt%)	短繊維GF強化樹脂 (PPS-GF40wt%)	アルミ
流動方向	1 ~ 5	10 ~ 30	23
直角方向	30 ~ 50	30 ~ 50	



図11 rCFRPボルト

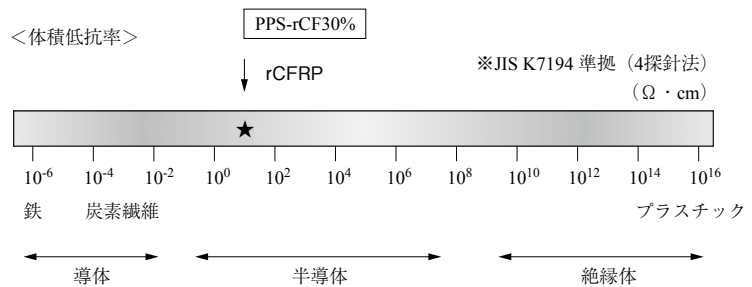


図12 体積抵抗率

て，実使用環境での使用を想定した腐食試験を実施した。アルミ板とrCFRP (PPS-rCF) にNaCl水溶液を塗布し，

接触させた状態で11カ月放置したところ，実使用環境／時間においてrCFRP-金属間でのガルバニック腐食

は確認されなかった。

この結果から、例えば、航空機のようにゼロ腐食・完全絶縁などの高信頼性が必要とされる部品には適さないが、一般的な実使用環境で使用される汎用製品や交換前提の締結部品などであれば、金属と組合せても数年単位の腐食耐久性が期待できると考えている。

2.6 金属代替としての活用

図13にrCFRP（PPSグレード）と他構造材料の弾性率・比弾性率比較を示す。rCFRP（PPS-rCF）の弾性率はアルミの4割程度、鉄の1～2割程度である。一見、金属代替としては歯が立たないような弾性率に思えるが、これを比弾性率で計算すると、アルミ・鉄とほぼ同等レベルとなる。製品を支えるシャフトなどの強度が最重要視される部品に対してはさすがに代替が難しい。しかし、例えば現在アルミを使用しているが実際はそこまでの強度を必要としない部品などの領域においては、設計の工夫次第で十分金属代替による軽量化が期待できる⁶⁾。

特に軽量化が求められるドローンや電動車いすなどのパーソナルモビリティ分野、モバイル製品においては、このrCFRPを活用することにより、もう一段の軽量化が実現する可能性がある

る。試験的にアルミ製のHDDケースをrCFRPで代替したところ、ケースのみで6割の軽量化が確認できており、このようにすでに軽量化が進んでいる製品の筐体だけでなく、その中身の部分についてもまだまだ軽量化のポテンシャルは残されていると考える。

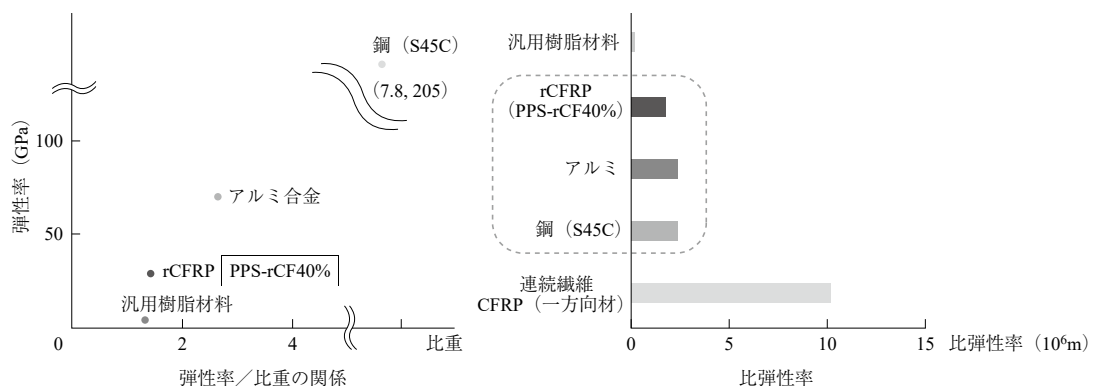
今後、CASE（Connected, Autonomous/Automated, Shared, Electric）が当たり前となる時代において、電動化・自動化が加速するモビリティ社会に実装される製品においても、今一度、もう一段の軽量化開発が再興すると考える。更に、そこでは“last one mile”に代表される個人ユースモビリティが重視されるようになり、各人に合わせた製品が軽量部材で提供されることになる。今後は、多品種少量・高付加価値でありながら、生産性の良い、扱いやすい材料が求められるようになるかと推測しており、このような製品にrCFRPを適用し、軽量化検討と機能面の特徴を組合せて活用することで、より高い付加価値の発現が期待できると考えている。

3. 炭素繊維の資源循環

徐々に成長してきたCF全体の市場規模は2018年で8万ton/年程度であり³⁾、今後も製造時の端材に加え部品・

製品としての寿命を終えたCFRPの廃棄量が増加していくと推測される。

ここまでに述べたリサイクルCFに関する取組みは、リサイクルされたCFをリユース的に活用・出口開拓することで、CFの市場拡大が思うように進まないボトルネックを解消するという考えに基づいている。しかし、この“リサイクルCFの出口開拓”はCFの資源循環全体から見ればほんの一部であり、更なるボトルネック解消のためには、CF資源循環そのもののインフラ構築が必要不可欠である。実際、まだまだ市場にはCFのリサイクルが検討されていない製品群が多く存在しており、完全なCF資源循環インフラの構築のためには、そのような市場とリサイクルCF市場を結ぶ役割が求められている。実際、航空機の端材などCFRPボリュームゾーンについては資源回収・リサイクルが進められつつあるが、中小企業を中心とした少量・多品種ゾーンでは、CFリサイクルのスキームがほとんど確立できていない状況であると認識している。理由としては、CFRPユーザーから見て、CFリサイクルの現状・具体的出口・サプライチェーンが未だ不明瞭であること、また、リサイクルにはある程度のまとまった量の廃材が必要であり各社の廃棄量とボリューム感が合わないことが考



一部数字は「三角潤、東レ株式会社，“軽くて強い炭素繊維—地球環境に貢献する先端材料—”，化学と教育，66(9)，449(2018)」から引用

図13 構造材料の弾性率・比弾性率

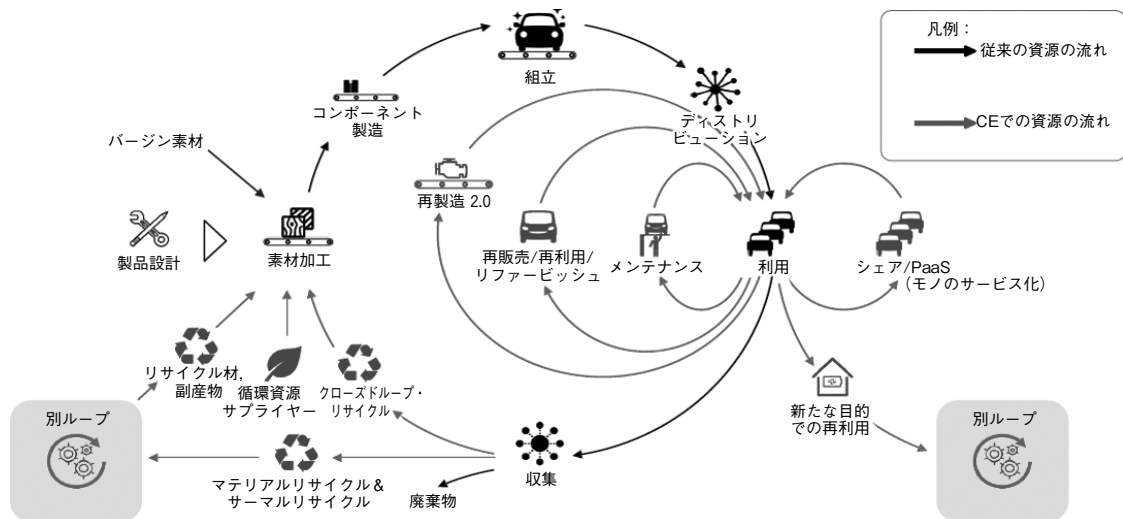


図14 経済産業省 循環経済ビジョン⁷⁾

えられる。この少量規模の領域においては、小回りの利くとりまとめ役が必要であり、当社では、rCFRP開発にあたり構築してきたCFリサイクル～出口のサプライチェーンと長年の流通商社としてのノウハウを活かして、この課題に取り組んでいきたいと考えている(図14)⁷⁾。

おわりに

炭素繊維は日本が技術先行する極めて優れた特性を持つ材料であり、今後の産業界における活躍が期待されているが、この炭素繊維を長期的な目線で活用していくためには、コストパフォ

ーマンスの向上と資源循環の確立が必要不可欠である。

リサイクル炭素繊維を使用した樹脂複合材料「ReMax Composite」は、優れた機能特性を最大限活用したリサイクルCFの市場開拓により、その実用化とCFの資源循環を促進する。炭素繊維及びリサイクル炭素繊維の市場が相乗効果的に拡大し、今後のものづくりのなかで自由に有効活用されていくことを期待する。

参考文献

- 1) 経済産業省, “ものづくり白書” (2014).
- 2) 経済産業省製造産業局繊維課, “炭素繊維・複合材料関連施策の現状と今後

の方針” (2015).

- 3) 国立研究開発法人産業技術総合研究所, “リサイクルCFRPに対する低環境負荷技術としてのマイクロ波の利用,” NCC次世代複合材研究会実施報告書[2021年度] (2022).
- 4) 板津秀人, 神吉肇, 守富寛, “省エネ型熱分解法による長繊維リサイクル炭素繊維回収技術,” 廃棄物資源循環学会誌, **24** (5), 371-378 (2013).
- 5) 川村早紀, 佐久間特殊鋼株式会社, “NCC次世代複合材研究会プレゼン会報告資料” (2021).
- 6) 三角潤, 東レ(株), “軽くて強い炭素繊維 —地球環境に貢献する先端材料—,” 化学と教育, **66** (9), 449 (2018).
- 7) 経済産業省, “循環経済ビジョン2020 (概要)” (2020).