

— 論文賞 —

論文賞を受賞して（2）

細田 直*

去る2016年11月24、25日に広島県情報プラザで開催された61st FRP CON-EX 2016において、参考展示および一般講演にエントリーし参加しました。展示・講演ともに筆者が所属するウイスカ（株）の炭素短繊維（製品名：ΣRF-006）と、これを用いて新規開発したハイブリッドプリプレグの紹介を行いました。本稿はこの講演に先立ち、予稿を兼ねて発表した論文「独自製法の炭素短繊維を含有した先進的ハイブリッドプリプレグを用いたCFRP成形材の開発」が61st FRP CON-EX 2016の優秀論文賞に選出され、「論文賞を受賞して」というタイトルでの執筆依頼を受けたもので、論文の概要と筆者の感想を記したいと思います。

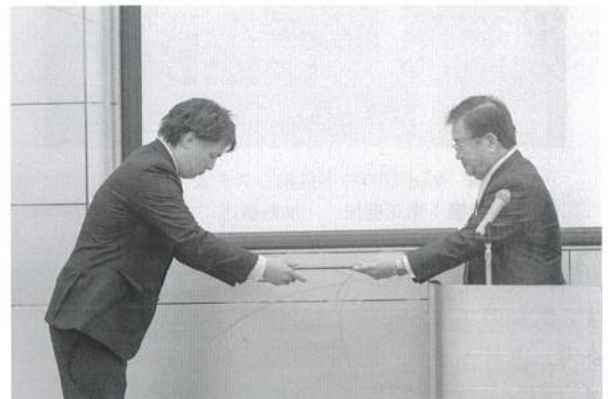
受賞論文は先述のとおり、弊社で製造している炭素短繊維 ΣRF-006とその用途展開の一つであるハイブリッドプリプレグの特徴について述べたものです。

炭素短繊維 ΣRF-006の特徴は、CFRPの成形端材（期限切れプリプレグ含む）を原料としたミルド繊維であること、過熱水蒸気を用いた独自製法（自然分解法）で製造することにより表面に官能基が修飾されていることです。このような特徴を持つΣRF-006は樹脂との親和性が高く、そのため熱可塑性樹脂および熱硬化性樹脂とサイジング剤を使用せずに複合化することができ、成形品に力学特性の向上だけでなく摺動性や寸法安定性などの優れた機能・性能を付与することが可能です。

一方、ハイブリッドプリプレグはエポキシ樹脂マトリックスにΣRF-006を添加することで、耐衝撃性の改善を狙った新規のプリプレグです。ΣRF-006は前述し

た表面官能基に由来する優れた表面活性により、容易にエポキシ樹脂中に分散することができます。得られたコンパウンドを市販の炭素繊維クロスに含侵することでハイブリッドプリプレグが作製できます。本プリプレグを用いたハイブリッドCFRPは通常のCFRPの製造設備で成形可能です。また、ΣRF-006を新たに複合化したことで、耐衝撃性が著しく向上することを見出しました。

以上が今回発表した論文の概要ですが、多数の論文が発表された中で、優秀論文賞という形で高い評価をいただいたことは非常にうれしく、今後の研究開発の励みの一つとしたいと思います。当日も多くの方々に講演を聞いていただくことができましたが、今回の論文がさらに多くの方の目に触れ、新たな材料開発、事業展開につながれば幸いです。



邊会長より論文賞を授与される筆者

*ウイスカ（株）

— 論文賞 —

独自製法の炭素短繊維を含有した 先進的ハイブリッドプリプレグを用いたCFRP成形材の開発 Development of Advanced Hybrid CFRP Material using Original Short-length Carbon Fiber

細田 直*, 澤口 宗徳*, 徳井 康之*
Nao HOSODA, Munenori SAWAGUCHI, Yasuyuki TOKUI

Abstract

We produce an original short-length carbon fiber (trade name: Σ RF-006) by using superheated steam and have developed an advanced hybrid prepreg including the Σ RF-006 and a commercially available carbon fiber cloth. This prepreg was cured in an autoclave machine to obtain a hybrid CFRP. Izod impact strength of the hybrid CFRP was significantly increased, compared with that of a traditional CFRP which does not include the Σ RF-006.

Key Words: Short-length carbon fiber, Superheated steam, Hybrid prepreg, Carbon fiber reinforced plastic, Impact strength, Thermosetting resin, Thermoplastic resin

1. 緒言

炭素繊維をマトリックス樹脂と組み合わせた炭素繊維強化プラスチック (CFRP) は航空・宇宙分野からスポーツ分野など様々な領域で使用されており、今後より幅広い用途展開が期待される材料である。特に輸送分野では、軽量化による二酸化炭素排出量の削減 (燃費の向上) を目的として、自動車部品へのCFRPの使用が盛んに検討されている¹⁾。用途拡大のためにはCFRPのさらなる高性能化あるいは用途に応じた物性のコントロールが必須である。

一方、CFRPの使用がさらに加速すれば、成形端材あるいは使用期限内に使用されなかったプリプレグの増加が予想され、これらの処理が課題となる。現在、CFRPの廃棄は埋め立て処理が行われているが、環境負荷を考慮し処理量が制限されつつある²⁾。

弊社ではCFRP成形端材を出発原料として独自製法

により繊維表面に官能基が修飾された炭素短繊維 (製品名: Σ RF-006) を製造している。この炭素短繊維はポリアクリロニトリル (PAN) 繊維由来で高強度であるだけでなく、官能基に起因する表面活性に基づく樹脂との親和性に独自性を持つ^{3), 4)}。

本稿では、CFRP端材を出発原料とした炭素短繊維 Σ RF-006の製造方法とその特徴、および Σ RF-006を含有したマトリックス樹脂 (エポキシ樹脂) と長繊維クロスハイブリッドによる先進的ハイブリッドプリプレグを用いたCFRP成形材について紹介する。

2. 過熱水蒸気を利用したCFRP端材を用いた炭素短繊維 Σ RF-006の作製

弊社では、独自に開発した熱処理法を応用してCFRP端材を出発原料とした炭素短繊維を製造し各用途に提供している。その熱処理法・製造方法と特徴を以下に示す⁴⁾。

*ウイスカ (株) Whisca corporation

センチ画のチップ状に粉碎したCFRP端材を、樹脂成分の分解ガスで満たした炉内において、300-600度の過熱水蒸気により自然分解した。この過程で炉内は無酸素・還元雰囲気であり、樹脂成分の分解と炭素繊維表面の化学修飾が同時に進行する。表面官能基についてX線光電子分光分析(XPS)およびFT-IR測定により確認を行ったところ、炭素-酸素結合や炭素-窒素結合などの存在が確認された。その後、得られた炭素繊維を微粉碎することにより短繊維化を行い、ミルド形状の Σ RF-006を得た。顕微鏡観察により平均繊維長を調べた。その結果、 Σ RF-006の平均繊維長は $60\mu\text{m}$ 、平均アスペクト比が8.6であった(Figure 1)。

また、本短繊維は前述の化学修飾・表面官能基により表面活性に優れるため、新たな表面処理やサイジング剤を必要とせず、様々な樹脂との複合化が可能である。ポリプロピレンや6ナイロン、ポリカーボネートなどの熱可塑性樹脂との複合化では射出成型など一般的な成形方法が適応でき、サイジング剤由来の金型腐食ガスが発生しないという利点も有している。更に得られた複合材料は、力学物性向上のみならず、短繊維であること、および表面活性に由来する樹脂との優れた濡れ性により、高い摺動特性や熱可塑性樹脂の寸法安定性(線膨張の制御)に寄与する。

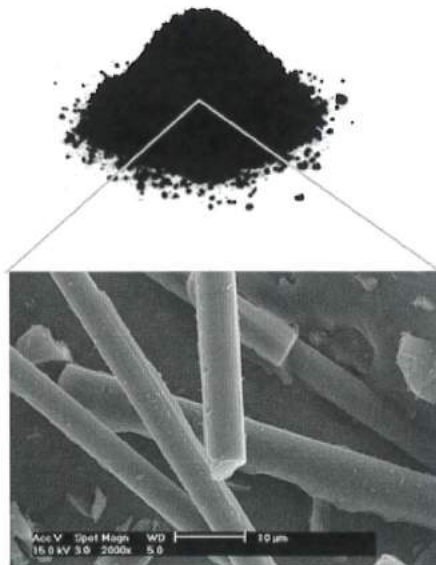


Figure 1 The shape of original short-length carbon fiber(Σ RF-006).

3. ハイブリッドプリプレグを用いたCFRP成形材の開発

Σ RF-006をエポキシ樹脂に分散させ、市販の炭素長繊維クロスを含浸し、短繊維と長繊維のハイブリッドによるプリプレグを得た。このハイブリッドプリプレグを積層しオートクレーブを用いて硬化反応を行うことにより、CFRP成形材を作製した。

本CFRPの力学的特性を調べるため、3点曲げ試験およびIzod衝撃性試験を行った。その結果、 Σ RF-006を未添加のサンプルと比較して、3点曲げ試験では最大強度および弾性率に変化は見られなかった。一方、Izod耐衝撃性試験では、 Σ RF-006を添加した場合に衝撃強度が著しく上昇した(Figure 2 (A), (B))。また耐衝撃性試験後のサンプル断面のSEM観察を行ったところ、 Σ RF-006が層間の樹脂部分に存在していることが明らかとなった(Figure 3)。以上の結果から、CFRP材のマトリックス樹脂部分に Σ RF-006がランダムに存在するため層間強度が上がり、衝撃強度向上に寄与したと考えている。また、長繊維クロスの種類を変更して成形した場合にも同様の結果が得られ、 Σ RF-006を添加することで長繊維クロス種に依存せず、CFRPの耐衝撃性が向上することが見出された(Figure 2 (C), (D))。

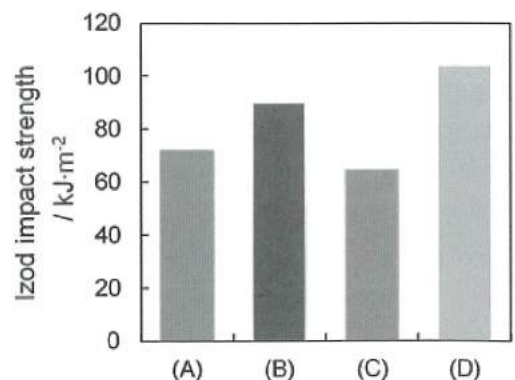


Figure 2 Izod impact strength of traditional CFRP (A, C) and hybrid CFRP (B, D); (A, B): same type of carbon cloth, (C, D): another type of carbon cloth.

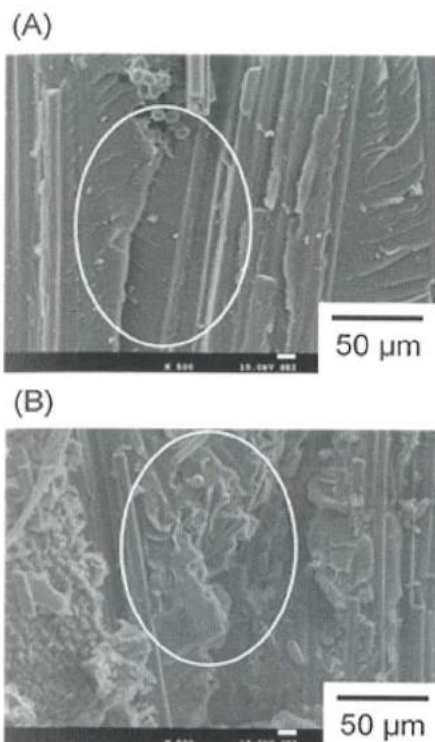


Figure 3 SEM images of fracture surface of CFRP after izod impact test: (A) traditional CFRP and (B) hybrid CFRP.

4. 結言

過熱水蒸気による自然分解を応用した独自製法により、CFRP端材を出発原材料として炭素短繊維ΣRF-006を開発した。ΣRF-006は製法に由来する化学修飾により表面活性に優れ、容易に樹脂と複合化が可能で、力学物性向上のみならず寸法安定性等の機能を発揮する優れた補強材である。

ΣRF-006と長繊維クロスを合わせて先進的なハイブリッドプリプレグを開発した。本ハイブリッドプリプレグを用いたCFRP成形材のIzod耐衝撃性試験の結果、衝撃強度が著しく向上することが明らかとなった。更に本手法は長繊維クロスの種類によらず、一般的な成形手法が適応可能で、CFRP材の物性向上手法として有用である。

参考文献

- 1) 長塚渉, 松尾剛, 村上岳, 平野博之, 不連続繊維分散系CFRTPの曲弾性率における温度依存性予測, 日本接着学会誌, 41, 3, 75-84, 2015.
- 2) 大窪和也, 藤井透, 永田章大, 廃棄されたCFRPからリサイクルする再生炭素繊維の抽出条件—射出成型品に利用するための最適抽出温度条件—, 日本接着学会誌, 65, 8, 580-585, 2016.
- 3) 徳井康之, 繊維強化複合材料を原料にした炭素繊維の特徴と活用方法, プラスチックエージ, 55, 9, 86-87, 2009.
- 4) 森本琢郎, 徳井康之, 公開特許, 特開2013-87269 (P2013-87269A), 2013.