

# CFRPリサイクル技術と循環システム JEC COMPOSITES INNOVATION AWARDS受賞

## Wins JEC COMPOSITES INNOVATION AWARDS for CFRP Recycling Technology and Recycling System

原田 亮<sup>\*1</sup> 吉川 元基<sup>\*1</sup> 富岡 宏匡<sup>\*1</sup> 石本 弘樹<sup>\*1</sup>  
 Ryo Harada Genki Yoshikawa Hiromasa Tomioka Hiroki Ishimoto

\*1 先行要素開発センター

### 要旨

当社が開発した炭素繊維強化プラスチック（以下、CFRP）のリサイクル技術および構築を目指す包括的CFRP循環システムがJEC COMPOSITES INNOVATION AWARDS(Circularity & Recycling部門)を受賞した。本稿では技術・システムの特長とAWARDSについて解説する。

キーワード：炭素繊維強化複合材料、リサイクル、紡績

### Abstract

TICO won the award at the JEC COMPOSITES INNOVATION AWARDS (Circularity & Recycling category) for its carbon fiber reinforced plastics (CFRP) recycling technology and the comprehensive CFRP recycling system that we aim to build.

Keywords: Carbon Fiber Reinforced Plastics, Recycling, Spinning

## 1 はじめに

### 1.1 JEC COMPOSITES INNOVATION AWARDSについて

JEC COMPOSITES INNOVATION AWARDSとは、複合材料業界と技術の発展を推進するフランスのJECグループが1998年から毎年主催し、世界で最も革新的な複合材料製品や技術を、航空宇宙、自動車やエネルギーなど約10の産業分野ごとに表彰するもので、複合材料業界で最も権威ある賞のひとつとして知られている。

1次審査でJEC内部の審査員により各分野3件のファイナリストが選出され、2次審査で世界的に著名な複合材料の専門家で構成される外部審査員により1件の受賞者が選出される。

当社は初エントリーにして初受賞となる(図1)。



図1 フランス・パリで行われた授賞式  
 Fig.1 Award Ceremony in Paris

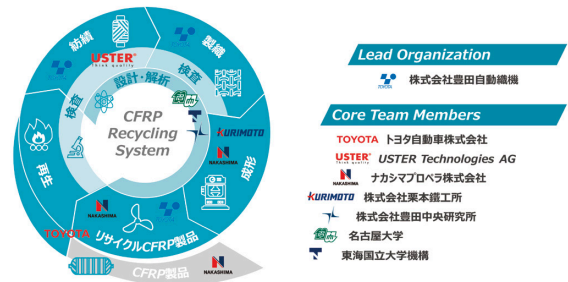


図2 包括的CFRP循環システム概念図  
 Fig.2 Conceptual Diagram of the Comprehensive CFRP Recycling System

#### Lead Organization

株式会社豊田自動織機

#### Core Team Members

- TOYOTA トヨタ自動車株式会社
- USTER USTER Technologies AG
- ナカシマプロペラ株式会社
- KURIMOTO 株式会社栗本織工所
- 株式会社豊田中央研究所
- 名古屋大学
- 東海国立大学機構

### 1.2 評価ポイント

この度の受賞は、以下の点が高く評価された。

- ・使用済みCFRPの炭素繊維を紡績して高品質な糸にする革新的リサイクル技術によりCFRPライフサイクルにおけるCO<sub>2</sub>排出量と廃棄量の大幅な削減が可能となること
- ・再生した炭素繊維の紡績糸から製織・成形・加工を経てCFRPリサイクル製品を生産する製造技術だけでなく、製品設計や性能評価、品質保証のツールとなる高度なCAE (Computer Aided Engineering) や検査技術も一体となって構築される「包括的CFRP循環システム」構想の確実な実現に向け広くパートナーと協業していること(図2)
- ・「包括的CFRP循環システム」の社会実装が、幅広い業種や企業にCFRPの活用を促進し、更なる普及に寄与すること

## 1.3 CFRPについて

CFRPとは、プラスチックに炭素繊維を強化材として加えたもので、軽量かつ強度や耐久性に優れている点から、航空機の機体やエンジン部品、自動車の内外装や高圧水素タンク、風力発電機のブレードなどに使用されている(図3)。2030年には、2021年と比較して2.5倍の3.5兆円<sup>[1]</sup>に市場規模が拡大する見通しであり、世界的に注目されている。



図3 MIRAIに搭載されているCFRP製高圧水素タンク<sup>[2]</sup>  
Fig.3 CFRP High Pressure Hydrogen Tank on the MIRAI

## 2 受賞の内容

### 2.1 開発の背景

CFRPはその性能の高さから、使用段階におけるCO<sub>2</sub>排出量は鉄やアルミを使用した同じ製品よりも遥かに少なく、環境負荷の低い優れた材料であるが、一方で製造段階では新材1kg生産あたり約20kg<sup>[3]</sup>ものCO<sub>2</sub>が排出されており、また、使用済みCFRPや端材の約9割<sup>[4]</sup>が埋め立て処理されていることから、市場規模の拡大も相まってリサイクル技術の開発が強く求められている。

こうした社会の要請に応えるため、当社創業以来、約100年にわたり培ってきた紡績技術に加え、綿花の格付けや検査で誰もが世界標準と認めるスイス子会社Uster社(Uster Technologies AG)の糸品質測定技術を基に、使用済みCFRPから再生した綿状の炭素繊維の方向を揃えて均一・均質な紡績糸にする技術を確認した。

### 2.2 技術の特長

新材の炭素繊維製造の中でCO<sub>2</sub>排出量の大部分を占める焼成工程が、リサイクル材では不要となることから、8~9割ものCO<sub>2</sub>排出量の削減が可能であるが、従来のCFRPリサイクル技術は、使用済みCFRPの炭素繊維を粉末状に加工、あるいは

相当量の化学繊維を混ぜて不織布にする方法が主流で、炭素繊維量の少なさや繊維方向の不均一性による性能低下に加え使い勝手の悪さに課題があり、リサイクル材の利用が進んでいない。これに対し、当社技術は炭素繊維のみ、かつ撚りがなく繊維方向が均一・均質な糸の形態にできるため、新材に近い強度や弾性率を維持したまま、従来からある製織・成形工法の適用が可能である(図4)。



図4 使用済みCFRPの再生炭素繊維とその紡績糸  
Fig.4 Recycled Carbon Fiber and its Spun Yarn

この優れた特性の紡績糸を作るため、カードや練糸などで構成される従来の綿花向けの紡績工程や製造条件・インライン品質測定を、綿花に比べて格段に折損しやすく導電性を有する炭素繊維向けに最適化している。また、紡績糸向けに、既存の設計・評価支援ツールの機能を補強する“紡績糸・織物・製品”の各スケールを数学的均質化法に基づき構築した独自の材料構成則で繋ぐ、高精度なマルチスケールCAEを開発した(図5)。

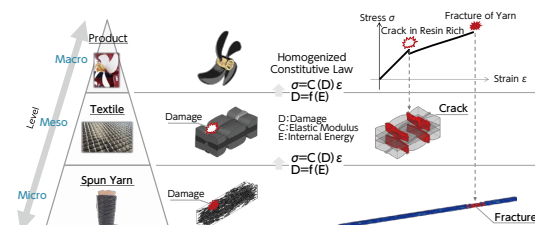


図5 紡績糸の適用も可能なマルチスケールCAE  
Fig.5 Multi-Scale CAE Tool

### 2.3 包括的CFRP循環システムの実現に向けて

包括的CFRP循環システムは3つのフェーズに分けて実現、拡大する計画である(図6)。早期の社会実装を目指し、コア技術となる紡績以外は、外部の企業やパートナーがオープンに参加可能なシステム構成としている。

- ・フェーズ1:当社内の循環システム  
CFRP試作品製造工程で出る端材を使って紡績の要素技術を確認する
- ・フェーズ2:トヨタグループ内の循環システム  
トヨタ自動車(株)のFCEV用高圧水素タンク

や外装部品製造工程で出る端材・廃材から再生した紡績糸を使って自動車や当社製品向けのCFRP部品を実用化する

- ・フェーズ3:グローバルな産業横断循環システム  
最大級のCFRP市場である欧米で、安定した品質と生産の担保のため、信頼できるパートナーの確保と商流を確立する

フェーズ1は既に完了しており、現在はフェーズ2のモデル実証としてエアジェット織機向けにリサイクルCFRP製の綜絢枠を開発中である(図7)。当社が紡績糸を使った製品の最初のユーザーになることで、信頼性を世に示し、フェーズ3へ移行する計画である。

フェーズ3に向けたモデル実証も進行中であり、数年内の実用化を目指しリサイクルCFRP製の船舶用プロペラの開発に着手したところである。なお、船舶用プロペラは搭載にあたり、船舶が安全に航行できることの証明として国土交通省および国際条約や船籍国の国内法に基づき船体構造や推進機関などの検査を行う国際船級協会の承認が必要であり、実用化を成し遂げることで紡績糸の更なる信頼と実績を積み上げ、循環システムの産業横断化ならびにグローバル化を大きく加速させたいと考えている。

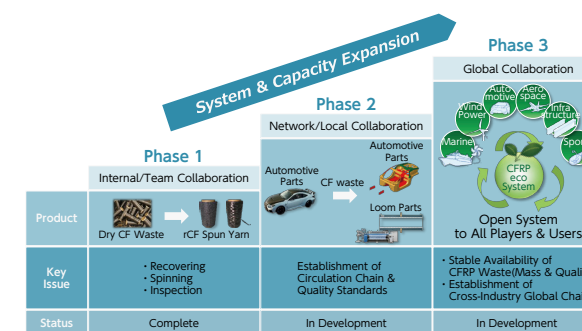


図6 包括的CFRP循環システムの実現計画  
Fig.6 Realization Plan for the Comprehensive CFRP Recycling System

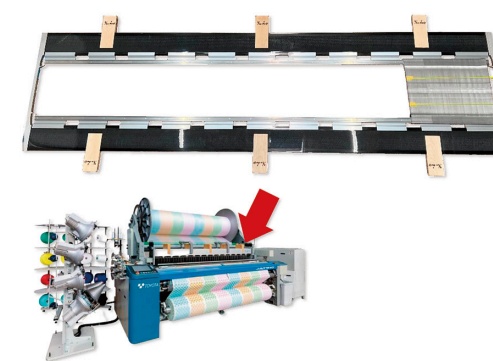


図7 エアジェット織機向けのリサイクルCFRP製綜絢枠  
Fig.7 Recycled CFRP Heald Frame for Air Jet Loom

## 3 欧州市場への提案

CFRPの分野で先行する欧州で、当社が実現を目指す包括的CFRP循環システムの妥当性検証、システムの入口となる使用済みCFRPの炭素繊維の入手先と出口となるリサイクルCFRP製品やその採用先を開拓するため、受賞した内容を2023年4月25日(火)から27日(木)にフランス・パリで開催された世界最大級の複合材料の展示会であるJEC World 2023に出展した。

当社ブースへの来訪者は絶えることがなく、様々な分野の企業、大学や研究機関から多くの関心や意見が寄せられ、盛況のうちに3日間を終えることができた(図8)。

出展を通じて得られた知見や課題をもとに、今後もより一層市場に適した形でCFRPリサイクル技術の向上と包括的CFRP循環システムの構築を進めていく予定である。

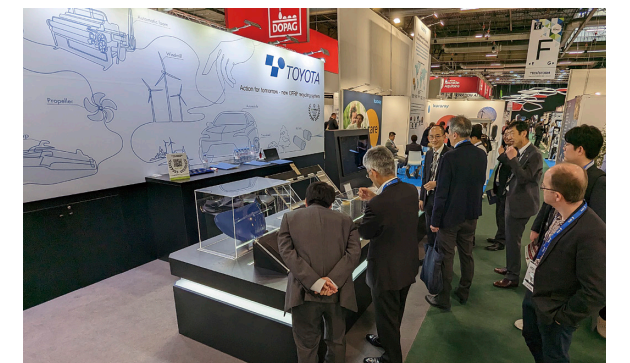


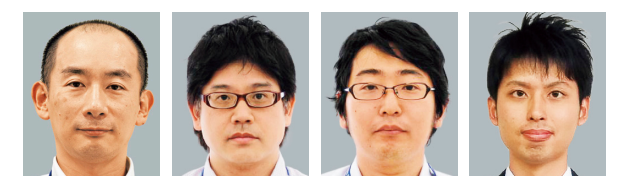
図8 JEC World 2023 当社展示ブース  
Fig.8 Our Exhibition Booth at JEC World 2023

最後に、この度のJEC COMPOSITES INNOVATION AWARDSの受賞は、社内外の関係各位の理解と協力の結果であり、この場をお借りしてお礼を申し上げたい。

### 参考文献

- [1] [3] [4] 株式会社富士経済「炭素繊維複合材料関連技術・用途市場展望2022」  
[2] トヨタ自動車(株)ホームページ

### 著者紹介



原田 亮 吉川 元基 富岡 宏匡 石本 弘樹