

リサイクル炭素繊維基材の成形と複合部材の物性に関する研究

藪谷祐希*, 内藤拓真*, 森澤 諭**, 増山和晃***, 松岡敏生****

Property of Recycled Carbon Fiber Base Material by Hybrid Molding Method

Yuki YABUYA, Takuma NAITO, Satoshi MORISAWA, Kazuaki MASUYAMA
and Toshio MATSUOKA

Carbon fiber-reinforced plastics (CFRP) are expanding their demand for aircraft material and other applications, taking advantage of their high strength, light weight, and heat resistance. On the other hand, a large amount of CFRP material is expected to be disposed in the future. Therefore, research on recycling the disposable CFRP material is urgently needed. In this study, we used an rCF Tape made of recycled short carbon fiber (rCF) and polypropylene (PP) to create heat-pressed products. Molded products were also made and their property was confirmed. As a result, it was found that the flexible modulus was increased due to the heat-press.

Keywords: Carbon Fiber Reinforced Plastics, Hybrid Molding Machine, Recycled Carbon Fiber, Formability, CO₂ Emission Reduction

1. はじめに

炭素繊維強化プラスチック（Carbon Fiber Reinforced Plastics, 以下 CFRP という.）は高強度・軽量・耐熱性の特性を活かし、航空機、自動車、風力発電ブレード、建築、土木等で採用が拡大し、2035 年の世界市場は 2020 年比 2.8 倍の 3 兆 5800 億円と見込まれている¹⁾。特に航空分野では大型機やビジネスジェットの生産本格化などによって需要が拡大しているが、同時に機体製造時の端材も大量に発生している。エアバス社では 2020 年から 2025 年にかけて生産工程で発生した CFRP 端材の 95% をリサイクルする計画がある²⁾。また、これまでに自動車や航空機用途で利用された CFRP が 2025 年頃に大量に廃棄される時期を迎える。そのため CFRP 中の炭素繊維（Carbon Fiber, 以下 CF という.）のリサイクルシステムの構築

は急務であり、CFRP リサイクルに関する研究開発が広く展開されている。例えば、CFRP リサイクルは、国内研究機関等で分離・取り出しの技術開発が進められているが³⁻⁹⁾、取り出したリサイクル炭素繊維（Recycled Carbon Fiber, 以下 rCF という.）は短繊維であり、ペレットや不織布等の原料利用など、軽量部材としての少量の利用に限られている。よって、今後のリサイクルシステムの構築には、回収した rCF の新たな形態での利用、用途拡大が必要であり、そのための技術開発は CF の持続可能な生産消費形態を維持する（SDGs 目標 12）¹⁰⁾には欠かせないものである。

そこで、本研究では、rCF の用途拡大を目的に短繊維化した rCF とポリプロピレン（以下、PP という.）からテープ材を作製し、これを熱プレスした中間基材を作製した。さらに、自動車部品など川下ユーザーへの用途展開を想定し、これら中間基材と市販のリサイクル炭素繊維入り熱可塑性樹脂（Carbon Fiber Reinforced Thermo Plastic, 以下 CFRTTP という.）ペレットを用い、予備加熱を伴う、ハイブリッド成形を行った。この成形品の物

* ものづくり研究課
** 企画調整課
*** 窯業研究室
**** エネルギー技術研究課

性を確認したところ、良好な結果が得られたので、中間基材の性状結果と共に報告する。

2. 実験方法

2.1 リサイクル炭素繊維(rCF)とポリプロピレン(PP)からなるテープ材を熱プレスした中間基材

2.1.1 熱プレス中間基材の作製

作製工程を図 1 に示す。rCF と PP からなるテープ材について、真空熱プレス機器を用いプレス温度 200 °C、プレス時間を 1 時間、プレス圧力 6 MPa、8 MPa、10 MPa の条件で熱プレスを行い、中間基材を作製した。

2.1.2 熱プレスした中間基材の曲げ強度測定

中間基材の曲げ強度測定は、JISK7074:1988「炭素繊維強化プラスチックの曲げ試験方法」に準じて実施した。試験片は平板状とし、3 点曲げ試験を行った。

2.1.3 熱プレスした中間基材の空隙率

中間基材の空隙率は X 線 CT 装置(inspeXio 型式: SMX-225CT FPD HR Plus, 株式会社島津製作所製)を用いて内部の観察を行い、画像処理により空隙率を算出した。

2.2 熱プレス中間基材とリサイクル炭素繊維入り熱可塑性樹脂(CFRTP)ペレットからなる複合部材の作製と物性測定

ハイブリッド成形とは、ヒーターで予備加熱したプリプレグシートと射出樹脂を一体成形することで、高強度かつ生産性の高い成形方法である。熱プレス中間基材を表 1 に示す加熱温度とし、140 °C、150 °C、160 °C、5 分にて、複合部材

を作製した。加熱した中間基材と市販のリサイクル炭素繊維入り熱可塑性樹脂(CFRTP)ペレットを用い、ハイブリッド成形機にて複合部材を作製した。ハイブリッド成形条件は、射出温度 230 °C、射出圧力 100 MPa、金型温度 40 °C とした。

3. 結果及び考察

3.1 リサイクル炭素繊維と PP からなる中間基材の評価

3.1.1 熱プレスした中間基材の曲げ強度測定

成形圧力の違いによる曲げ強さ測定結果を図 2 に示す。成形温度を 200 °C としたとき、いずれも 230 MPa 程度の値であった。成形圧力における曲げ強さへの影響はみられなかった。

3.1.2 熱プレスした中間基材の空隙率

成形圧力の違いによる空隙率変化を図 3 に示す。成形温度を 200 °C としたとき、成形圧力を 6 MPa 以上とすることで空隙率 1 %以下(平均値)であった。

3.2 熱プレスした中間基材とリサイクル炭素繊維入り熱可塑性樹脂(CFRTP)ペレットからなる複合部材の作製と強度測定

熱プレス中間基材と市販の CFRTP ペレットを用い、複合部材を作製した。また、曲げ強さの測定結果を図 4 に示す。射出成形品と比較し、中間基材との複合化により、強度が向上した。曲げ強さは、150 °C で成形した試料は、射出樹脂のみと比較し、約 1.6 倍になった。一方で、160 °C 以上では、中間基材中の樹脂の融点を超えるため、僅かに強度が低下した。



図 1 熱プレス中間基材作製工程

表 1 複合部材の成形条件

No.	成形材料		中間基材 加熱温度 [°C]
	射出樹脂	中間基材	
①	PP/rCF (30wt%)	なし	-
②		rCF テープ	140
③			150
④			160

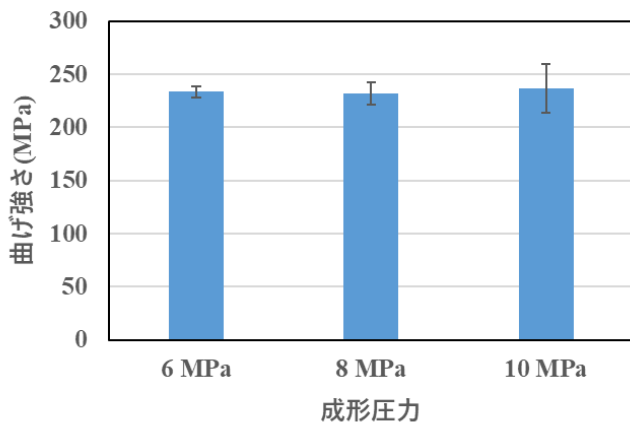


図 2 成形圧力の違いによる曲げ強さ測定結果 (N=3)

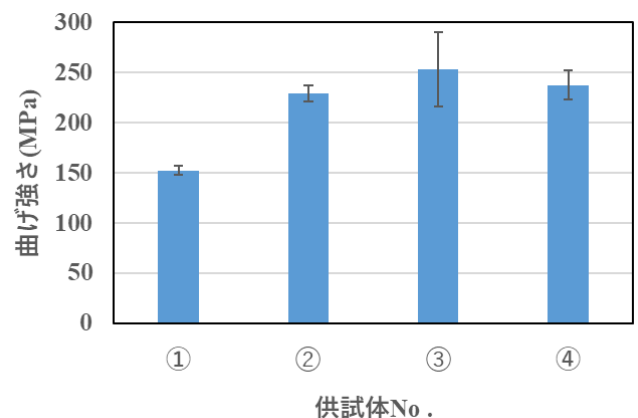


図 4 曲げ強さの測定結果 (N=3) (曲げ圧子面：射出樹脂側)

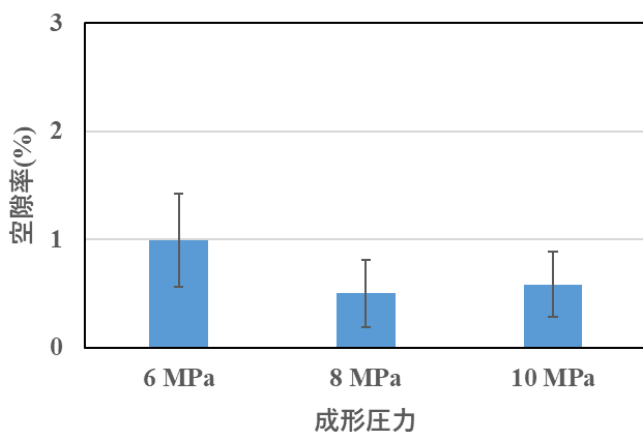


図 3 成形圧力の違いによる空隙率変化

4. まとめ

リサイクル炭素繊維の多用途展開を図る技術開発を進めることを目標に、リサイクル炭素繊維 (rCF) を含むテープ材を熱プレスし、一方向材ベースの熱プレス中間基材の作製を行い、物性評価と空隙率を測定した結果、成形温度を 200 °C とし

たとき、成形圧力を 6 MPa 以上とすると空隙率は 1 %以下 (平均値) であった。曲げ強さは、いずれも 240 MPa 程度の値であった。また、この中間基材と市販の CFRTTP ペレットを用い、ハイブリッド成形機による複合部材を作製し、150 °C で成形したところ、射出樹脂のみの部材と比較し、曲げ強さが約 1.6 倍になった。

謝辞

本研究に際し、試料を提供いただきましたトーア紡マテリアル様、岐阜大学様にこの場を借りて深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 株式会社富士経済：炭素繊維複合材料 (CFRP /CFRTTP) 関連技術・用途市場の展望 2021
- 2) 株式会社矢野経済研究所 令和 2 年度地球温暖化・資源循環対策等に資する調査委託費：リサイクル炭素繊維の利用・評価手法等に関する国際動向調査 経済産業省委託調査

(2021)

- 3) 柴田勝司：“常圧溶解法による CFRP リサイクル技術” 廃棄物資源循環学会誌, 24, p358-363 (2013)
- 4) 板津秀人ほか：“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, p371-378 (2013)
- 5) 藤井 透ほか：“炭素繊維のリサイクル最前線” 繊維学会誌, 71, p535-546 (2015)
- 6) 高橋将士ほか：“リサイクル炭素繊維の用途開発” 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集 第 27 回廃棄物資源循環学会研究発表会 講演

原稿, p305-306 (2016)

- 7) 田中公美子ほか：“炭素繊維強化プラスチックの新しいリサイクル技術の開発に向けたキャビテーション加工からのアプローチ” 日本機械学会論文集, 85,p1-10 (2019)
- 8) 入澤寿平：“炭素繊維強化プラスチックに関する最近の動向（その二：CFRTP 開発と CFRP リサイクル技術に関する研究動向）” 成型加工,28,p260-264 (2016)
- 9) 島袋 出：“未来社会を支える炭素繊維の研究開発を目指して” 炭素,303,p305 (2023)
- 10) 経済産業省：“SDGs 経営ガイド” (2019)