

題名	軽量化材料のリサイクル技術開発 CFRPリサイクルランダムシート化と樹脂再利用技術			
実施者	学校法人金沢工業大学 革新複合材料研究開発センター	期間	2024年5月20日～2025年3月31日	

■ 背景

CFRPは鉄、アルミに対して軽量化を可能とする材料であり、航空機をはじめ、自動車でも外板や水素タンクなどに用いられている。一方、炭素繊維は材料製造時のCO2が高いため、使用済となったCFRP部品から炭素繊維を取り出し、リサイクルすることが重要となっている。高価な炭素繊維を取り出すためのリサイクル手法として、熱分解法や化学分解法があるが、今日のカーボンニュートラルの観点から、リサイクル時のCO2を最小化する手法が必要となる。そこで、本研究では、CFRP部品の製造から使用済までのフローの中で、CFRPの製造時に発生する工程端材の有効活用と使用済CFRP部品から化学分解法により炭素繊維を取り出し、樹脂の再生利用についての技術検証を実施した。

■ 目的

1. CFRPリサイクルランダムシート化技術

廃車回収リサイクル炭素繊維と、製造時において炭素繊維の基材を切断する際に発生する工程端材の再製品化リサイクル方法の技術検討と物性評価

2. 樹脂再生利用化技術

再生可能な樹脂材料を用いたCFRPの化学分解法におけるリサイクル技術の課題明確化

■ 体制

学校法人 金沢工業大学 革新複合材料研究開発センター

所長 鶴澤 潔
研究員 斉藤 義弘
技師 乾 伸晃

日産自動車株式会社 車両生産技術開発本部 生産技術研究開発センター

エキスパートリーダー 水谷 篤
主担 黒田 真一
担当 柳橋 清人

■ 研究内容 1. CFRPリサイクルランダムシート化技術

<プリフォーム(成形前の炭素繊維積層)工程>

CFRP成形前の工程端材を短冊裁断し、均一積層したランダム積層材に加えて、ランダム材の厚さの不均一を緩和するため、廃車から回収されたrCF不織布を組み合わせたランダムシートをロボット自動積層機を用いて4パターン作成した。

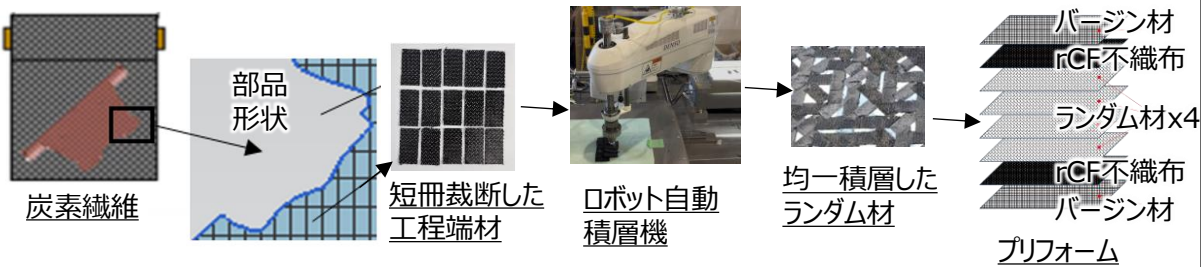


図1.プリフォーム工程の流れ

表1.プリフォーム積層パターン

基準	試作①	試作②	試作③	試作④
バージンのみ	バージン+ rCF不織布+ ランダム	ランダム+ rCF不織布	rCF不織布+ ランダム	整列+ rCF不織布

<成形工程>

量産性に優れたHP-RTM法による平板成形を行った。

※HP-RTM法
金型内にセットした繊維
に樹脂を注入・含浸させる
成形法



図2.HP-RTM装置

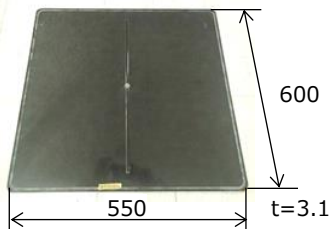


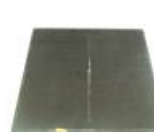
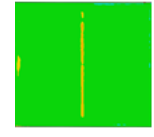
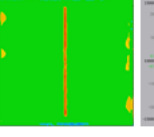
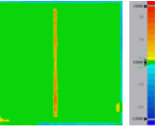
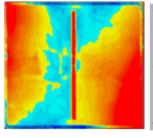
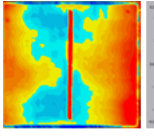
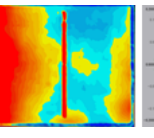
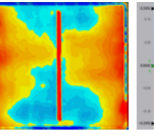
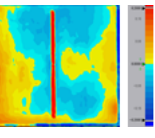
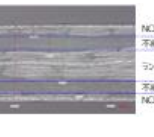
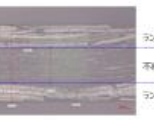
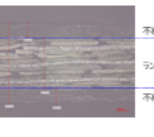
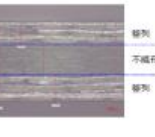
図3.平板成形品寸法

題名	軽量化材料のリサイクル技術開発 CFRPリサイクルランダムシート化と樹脂再利用技術			
実施者	学校法人金沢工業大学 革新複合材料研究開発センター	期間	2024年5月20日～2025年3月31日	

<成形品 外表面評価>

外観については、懸念していた全てのパターンにおいてツール面が転写され良好な結果が得られた。特に試作②では最外層をカットテープのランダム層としたため、樹脂リッチ部の引けによる工程端材パターンによる凹凸が懸念されたが、表面の凹凸は観察されなかった。

表2.成形品 外表面評価結果

	基準	試作①	試作②	試作③	試作④
成形 外観					
外観 拡大					
3D計測 (0.25 分解能)					
3D計測 (0.02 分解能)					
断面		 NCF Q/9K 不織布 ランダム 不織布 NCF Q/9K	 ランダム 不織布 ランダム 不織布	 不織布 ランダム 不織布	 不織布 不織布 不織布

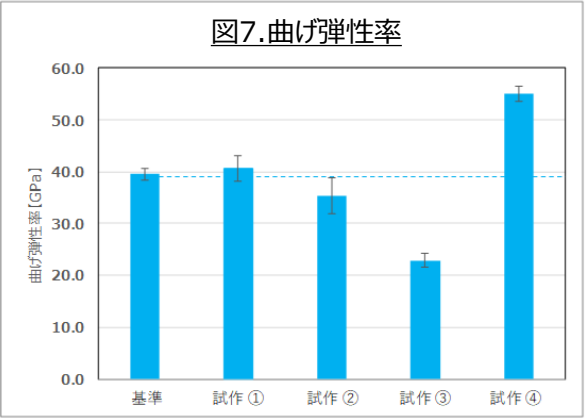
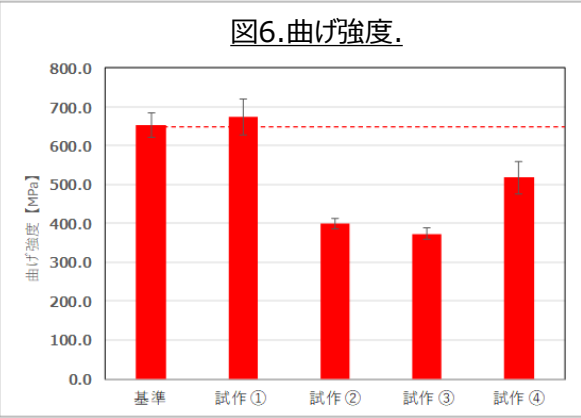
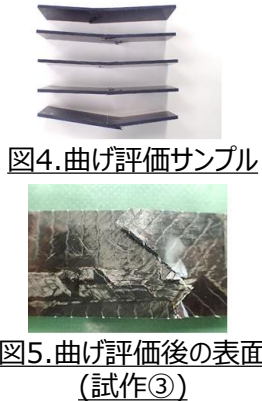
<成形品 物性評価>

成形品から曲げ試験用の試験片を切り出し、曲げ試験(JIS K7074)を実施した。

- ・基準と試作①の比較では、強度、弾性率ともにほぼ同等の値となった。
- ・試作②、試作③については、試作①より弾性率、強度ともに低くなり、特に再外層が不織布の試作③では弾性率が大幅に低下した。工程端材の端部が破壊の起点となっていると考えられる。
- ・試作④については、弾性率は基準より高い値となった。基準では0/90方向が合計4層に対し、工程端材を0/90方向に整列させ、外層に3層ずつ合計6層の積層構成となっているため弾性率は基準を上回る結果となった。

表3.成形品 物性評価(曲げ評価)結果

	曲げ強度		曲げ弾性率	
	平均(Mpa)	標準偏差	平均(Gpa)	標準偏差
基準	652.6	31.6	39.5	1.1
試作①	674.2	46.8	40.6	2.4
試作②	399.2	12.9	35.4	3.5
試作③	373.9	15.4	22.9	1.4
試作④	517.8	41.8	55.1	1.4



題名	軽量化材料のリサイクル技術開発 CFRPリサイクルランダムシート化と樹脂再利用技術		
実施者	学校法人金沢工業大学 革新複合材料研究開発センター	期間	2024年5月20日～2025年3月31日

■ 研究内容 2. 樹脂再生利用化技術

近年CO2排出削減やクローズドリサイクルの観点から、燃焼または分解による廃棄しない、再利用を目的とした易分解性エポキシが開発され、風力発電ブレードへの採用がすすんでいる。本研究ではその樹脂を用いて分解性を検証した。

<成形品 分解性検証>

成形したGFRP板をメーカー指定の分解液、分解条件により分解性を検証した。

- ・開始から8時間観察した結果、分解液の色が濃くなり、分解が進行していることが推測された。
- ・分解後回収した繊維を洗浄し、250℃で乾燥したところ、樹脂の残渣物が炭化したことから、完全に繊維と樹脂を分解はされておらず、さらなる検討が必要であることがわかった。

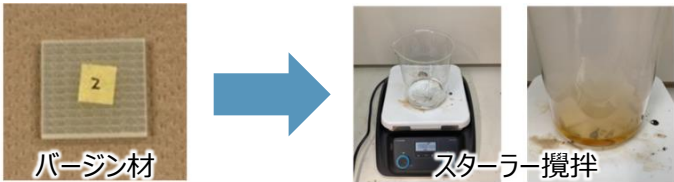


図8.分解作業の状況

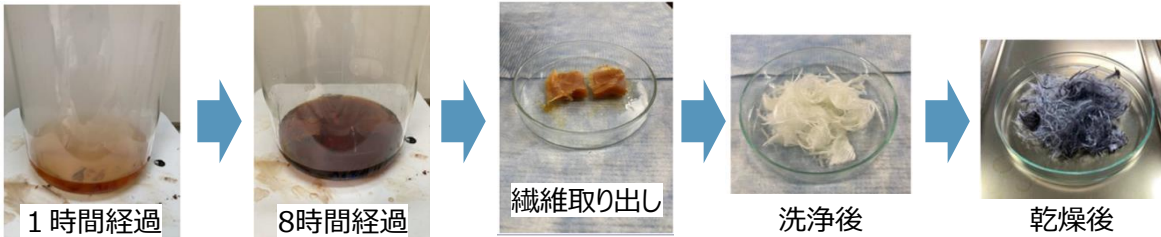


図9.分解性評価

■ まとめ

- ・工程端材の活用技術では従来の不織布ではなくバージン材の性能を生かすため、カットテープでのプリフォームを検討した。
- ・カットテープは比較的テープ厚が厚いため、樹脂の含浸性が悪化し、テープ端部の段差が破壊の起点となることが懸念されたが、廃車から回収されたリサイクル不織布との組合せにより、テープ端部の段差を補填する作用があり、バージン材と同等の性能が確認できた。

工程端材シートのみ		
成形断面図		
 工程端材 シートのみ	成形性	 短冊の重なりで樹脂流動しにくい
	物性	 樹脂リッチ部は破壊の基点になりやすい

工程端材シート+リサイクル不織布		
成形断面図		
 工程端材 シート +  リサイクル 不織布	成形性	 細い繊維の毛細管現象による流動の促進
	物性	 樹脂リッチ部を埋めることによる物性の向上

図10.工程端材シート+リサイクル不織布の成形性/物性への影響

- ・易分解性エポキシ樹脂の検証については、少量サンプルのため定量的な検証までは至っていないが、一定の分解性能は確認できた。