

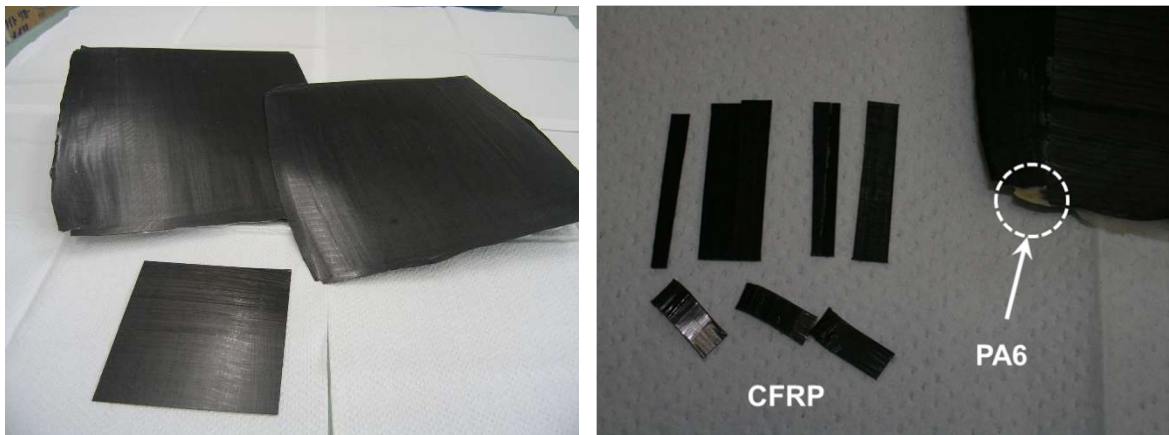
CFRP の加工条件に関する調査研究

1. 背景

炭素繊維強化プラスチック（carbon fiber reinforced plastic, CFRP）は、母材となるプラスチック材料に炭素繊維を複合化したものである。当該複合化によって母材となるプラスチックが元来有する強度が増大する効果が高いことから、ゴルフクラブのシャフトや釣り竿などのスポーツ用途から実用化が始まり、1990年代から航空機、自動車などの産業用に用途が拡大し、建築、橋梁の耐震補強など、建設分野でも広く使われている。航空機やゴルフクラブなどに使われている CFRP としては、炭素繊維を熱硬化性のエポキシ樹脂で固めた熱硬化性 CFRP が主流である。自動車分野では、ポリアミド（PA）やポリプロピレン（PP）などの熱可塑性樹脂を用いた熱可塑性 CFRP が検討され始めている。熱可塑性 CFRP は熱による溶着や二次成形などの加工が容易なことから一般の大量生産品の部品として普及され始めている。しかし、熱硬化性 CFRP に対して母材強度の増大効果が低く、生産コストが高いという課題を有している。そこで、熱可塑性 CFRP の加工条件を最適化し改善しコスト削減に資する情報を取得することを目的として素材の熱分析を行い、母材に炭素繊維を複合化することによる融点の変化を調べた。

2. 実験方法

2. 1 熱可塑性 CFRP 素材



a.CFRP 板材

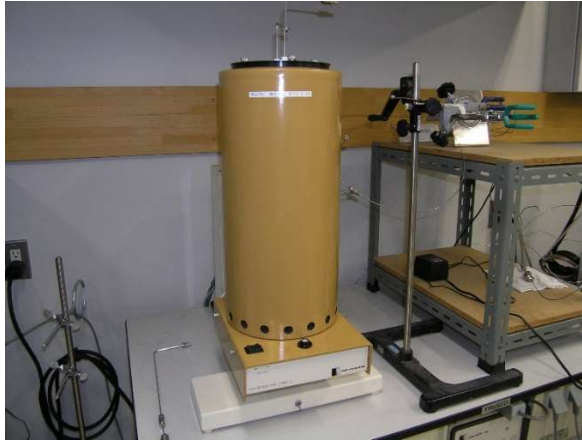
b.測定供試サンプル

図 1 プレス成形された熱可塑性 CFRP 板材（香川県産業技術センター）

丸八製 CFRP（目付＝226g/m²，樹脂＝PA6）を 3 枚重ねにして、温度 250℃、プレス時間 1min、冷却時間 10min でプレス成形して作成したものを用いた（図 1；香川県産業技術センターにおいて作成）。炭素繊維と樹脂（PA6）の混合比率は、炭素繊維 41wt%、樹脂 59wt%であった。なお、分析の際には当該板材を短冊状に切り出したものを用いた。樹脂（PA6＝Nylon6）については、当該板材の一部に滲出している部分と、Aldrich 製 Nylon6 を用いた。

2. 2 熱分析

セタラム製 C80 II 型の示差走査熱量計 (DSC) を用い、昇温速度 $0.3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、到達温度 280°C の条件で測定し、供試サンプルの融点を求めた。測定装置と供試サンプルの投入の状況を図 2 に示した。



a. 熱量計



b. 試料セル

図 2 示差走査熱量計と測定セルへの供試サンプル投入の状況

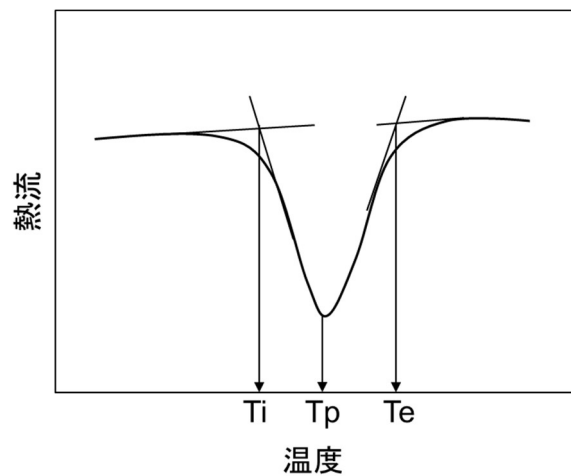


図 3 供試サンプルの相転移による吸熱ピーク測定結果と解析方法

熱可塑性樹脂を昇温した場合、樹脂が融解する温度付近で図 3 に示した吸熱ピークが得られる。このとき、図 3 に示した接線法によって融解による相転移が始まる温度 (T_i)、相転移が最も盛んな温度 (T_p)、相転移が終了する温度 (T_e) が求められる。

材料の塑性加工の分野においては、サンプルが完全に融解する温度 T_p 以上の高温域における熱物性値よりも、融解が始まる温度 T_i が加工装置の温度設定時に重要となる。

3. 実験結果

本実験における測定結果を表 1 と図 4 に示した。測定の結果、母材としての樹脂 PA6 の溶融開始温度 T_i と完全溶融温度 T_p は、炭素繊維との複合化によって低温側にシフトすること、すなわちより低い温度で軟化することが分かった。これは、PA6 の熱伝導度が $0.2\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$ であるのに対し、炭素繊維の場合は約 $10\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$ と高いため、両者の複合化によって熱が伝わり易くなったためであると考えられる。

表 1 DSC による分析結果

	$T_i/^\circ\text{C}$		$T_p/^\circ\text{C}$		$T_e/^\circ\text{C}$	
PA6 (Aldrich)	217.7	216.7	228.0	225.7	230.9	226.6
PA6 (試料 1)	216.2		227.2		226.4	
PA6 (試料 2)	216.3		221.9		222.4	
CFRP (試料 1)	201.3	203.2	214.7	216.7	224.4	225.5
CFRP (試料 2)	204.4		217.4		227.0	
CFRP (試料 3)	203.9		218.0		225.0	

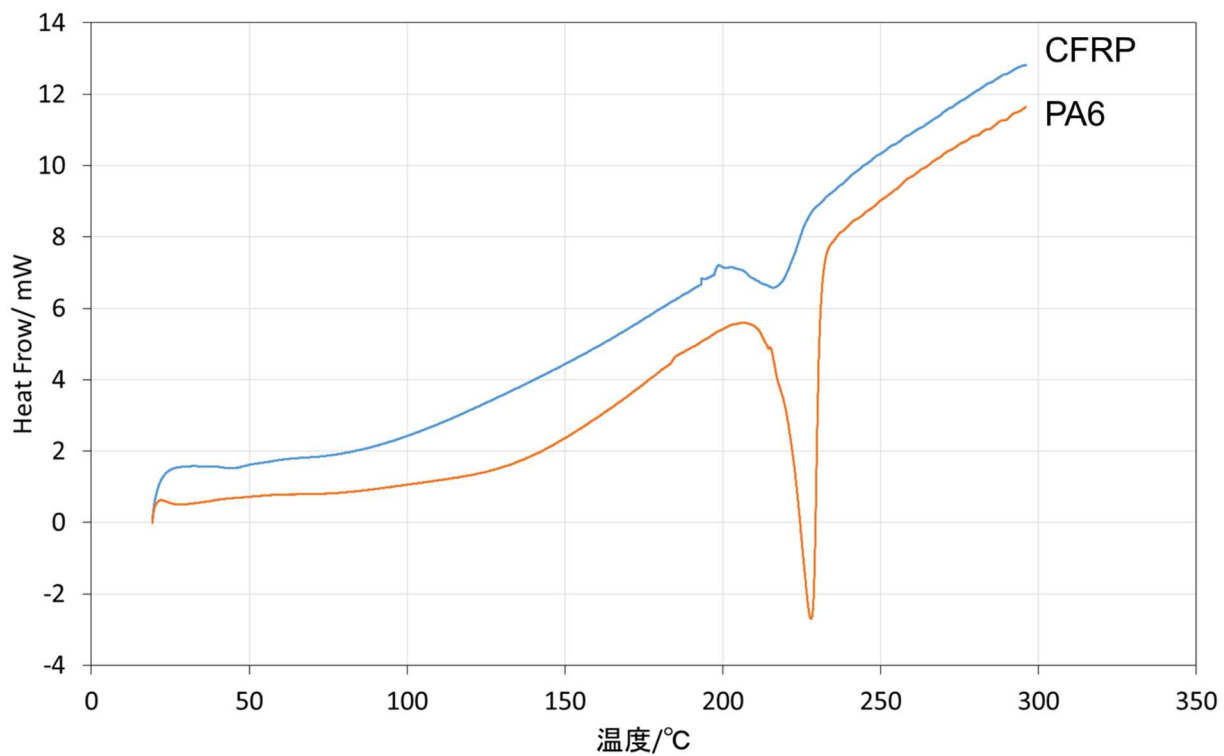


図 4 DSC による測定結果

4. まとめ

本実験の結果、熱可塑性樹脂を用いた CFRP を塑性加工する場合、母材樹脂の基本物性としての融点以下の温度で加工することが可能であることが示唆された。今回用いた CFRP 板材は一つの条件（樹脂＝PA6，炭素繊維 41wt%、樹脂 59wt%）で作成したものであるため、今後は CFRP 板材の多くの作成条件に対する融点の変化を調査するとともに、その際の塑性加工の可能性についても確認していく必要がある。さらに、融点の変化と強度的性質の相関関係を求めることによって、求める CFRP の作成条件を最適化することが重要である。

<参考文献>

- ・ “CFRP/CFRTP の加工技術と性能評価”，サイエンス&テクノロジー，2012
- ・ 日本熱測定学会編，“熱量測定・熱分析ハンドブック”，丸善，2010
- ・ 日本複合材料学会監修，“入門複合材料の力学”，培風館，2012