

植物由来熱可塑性樹脂をマトリックスとする 熱可塑性炭素繊維複合材料の開発

奥村航* 斎藤譲司* 長谷部裕之* 森大介** 木水貢* 仁宮一章***

1. 緒言

近年、低環境負荷社会の実現のため、カーボンニュートラル¹⁾である植物由来樹脂が注目されている。一方で、炭素繊維複合材料（以下、CFRP）は軽量で高強度であり、航空機等に用いると軽量化で温室効果ガスを削減できる。しかし、CFRPは生産時の温室効果ガス排出量が多く、これを抑制することが課題となっている。本研究では、CFRPの低環境負荷化を目指し、マトリックス樹脂に植物由来樹脂を用いる検討を行った。

2. 実験

2.1 植物由来樹脂の選定

共同研究先の金沢大学において、植物由来熱可塑性樹脂である酢酸酪酸セルロース（関東化学^株製、品番CAB-381-20、平均分子量70000。以下、CAB）、および酢酸プロピオン酸セルロース（関東化学^株製、品番CAP-482-20、平均分子量75000。以下、CAP）を選定した。また、熔融粘度を下げることで成形加工性を向上させるため、これらの樹脂にデカニル基を導入する改質を行った。CABおよびCAPを改質した樹脂をそれぞれCAB-D、CAP-Dとし、当场で以下の実験に供した。

2.2 改質した樹脂の熔融粘度測定

改質した樹脂の成形加工性を評価するため、熔融粘弾性測定装置（アントンパール製MCR702）を用い、200℃から300℃までの熔融粘度を測定した。

2.3 熱可塑性CFRPの試作および評価

CAB、CAB-Dについて、熱可塑性CFRPの試作実験を行った。実験に供した炭素繊維織物は炭素繊維（東レ^株製T700SC-12K-50C）を平織で製織したもので、目付は200 g/m²である。ここで、炭素繊維織物に付着しているサイジング剤の影響から熱処理によってCFRPにした時の曲げ強度が増減することが報告され

ている²⁾。そこで、400℃、10 minまたは240℃、8 hで処理した炭素繊維織物を炭素繊維基材として実験に供した。

本研究では図1に示すように、炭素繊維基材10枚と、CABまたはCAB-Dの熱可塑性樹脂フィルム11枚とを交互に積層し、高温型プレス機（テスター産業^株製SA-401-S型）で280℃、3 min、1.5 MPaで熱プレスし、加圧したまま60℃以下まで冷却することで2 mm厚の熱可塑性CFRPを試作した³⁾。

試作した熱可塑性CFRPはJIS K7075を参考にした試験方法で、炭素繊維体積分率 V_f とボイド率 V_v を求めた。また、JISK7074に従い3点曲げ試験を行い、曲げ強度と曲げ弾性率を求めた。ここで試験機は万能試験機（^株島津製作所製AG-100KNplus）を用いた。試料寸法は幅15 mm×長さ100 mmとし、支点間距離80 mm、クロスヘッドスピード5 mm/minの条件で5回試験を行い、平均値をそれぞれ求めた。

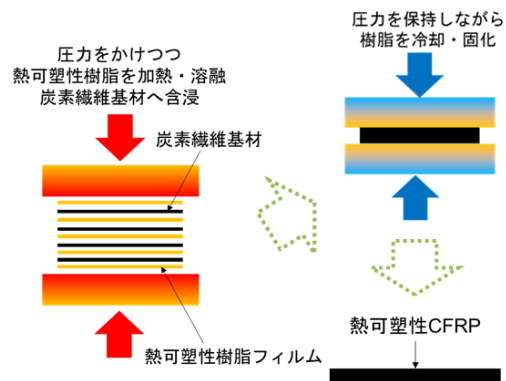


図1 熱可塑性CFRPの作製方法

3. 結果と考察

図2に改質した樹脂の熔融粘度測定の結果を示す。熱可塑性CFRPを成形する際、樹脂の熔融粘度が低いほど炭素繊維束に樹脂が含浸しやすくなり、成形時間を短縮することができる⁴⁾。CAB-DはCABより熔融粘度が約4桁低くなっており、熱可塑性CFRPを成形しやすい樹脂に改質されている。一方、CAP-Dは260℃まではCAPよりも熔融粘度は低い、260℃以上では逆

*繊維生活部 **機械金属部 ***金沢大学理工学域

にCAP-Dの方が高くなり、熱可塑性CFRPの成形には不向きであることが分かった。以上の結果から、CAB、CAB-Dの2種の樹脂で熱可塑性CFRPへの適合性を検証することとした。

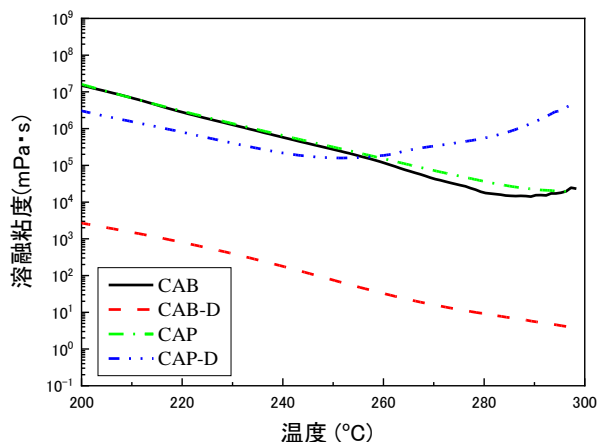


図2 溶融粘度測定の結果

図3に V_f と V_v の結果、および3点曲げ試験の結果を合わせて示す。 V_v はいずれも1%以内であり、良好な樹脂含浸が出来ていることが分かる。 V_f はCABよりCAB-Dの方が高い値となった。本研究で用いた平板金型は圧縮された樹脂が流れ出る開放系である。そのため、溶融粘度が低く成形加工性が向上したCAB-Dは、プレス成形時に炭素繊維束に樹脂が含浸した後、余分な樹脂が流れ出すことによって、 V_f が向上したと推察される。また、いずれの試料も曲げ弾性率は50 GPa以上であることから、実用可能な値であり、特にCAB-Dで炭素繊維織物を240°C、8 h処理したものは60 GPaを超える値を示した。一方、曲げ強度は熱処理方法の依存性が高く、400°C、10 minの処理では約500 MPaであるのに対し、240°C、8 hの処理では700 MPaを超える値となった。この傾向はポリアミド6をマトリックス樹脂に用

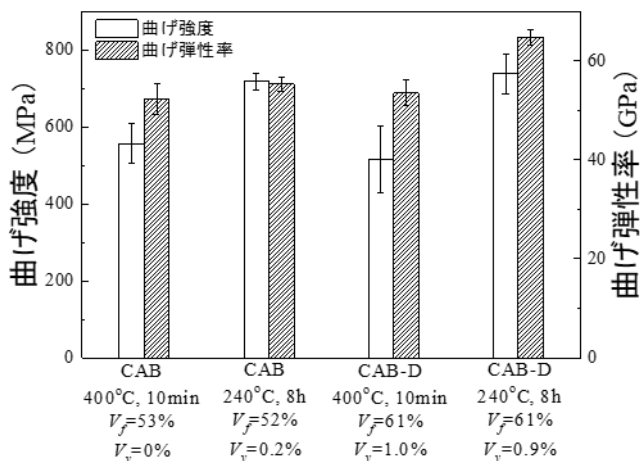


図3 熱可塑性CFRPの V_f 、 V_v 、および曲げ特性

いた時と同様の挙動であり²⁾、CABやCAB-Dと炭素繊維との接着性の向上とそれに伴う曲げ強度の向上には、炭素繊維表面の極性を残す40°C、8 h処理の方が適していることが分かった。ポリプロピレン、ポリアミド6を用いた熱可塑性CFRPの曲げ強度はそれぞれ約500 MPa、約900 MPaであることから^{2,3)}、本研究で検討した植物由来樹脂には石油由来樹脂と同等の曲げ強度が得られることが分かった。

4. 結 言

植物由来熱可塑性樹脂のCAB、およびCABを改質し溶融粘度を約4桁低下させたCAB-Dをマトリックス樹脂とし、2種の熱処理を行った炭素繊維織物を用いて熱可塑性CFRPを試作した。これらの試料について、 V_f 、 V_v 評価、および3点曲げ試験をした。その結果、いずれも V_v が1%以内であり、良好な樹脂含浸された試料が得られていることを確認した。CAB-Dと炭素繊維とを複合化した熱可塑性CFRPは、曲げ弾性率60 GPa以上、曲げ強度700 MPa以上となり、石油由来樹脂と同等の曲げ弾性率、曲げ強度が得られることが分かった。

謝 辞

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「【植物由来の炭素繊維複合材料の開発】」（管理法人：JST）によって実施した一部である。関係各位に感謝します。

参考文献

- 1) 経済産業省、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」、2020。
- 2) E. Sugimata, O. Ishida, T. Tsukegi, H. Ueda, W. Okumura, H. Hasebe, D. Mori, K. Uzawa, *J. Fiber Sci. Technol.*, 2020, vol. 76, no. 2, p. 88-94.
- 3) W. Okumura, H. Hasebe, M. Kimizu, O. Ishida, H. Saito, *SEN-I GAKKAISHI*, 2013, vol. 69, no. 9, p.177-182.
- 4) W. Okumura, T. Nishida, K. Nunotani, E. Sugimata, H. Hasebe, D. Mori, K. Uzawa, *J. Fiber Sci. Technol.*, 2021, vol. 77, no. 7, p.188-195.