

# 炭素繊維/ポリ乳酸複合材料の力学的特性に及ぼす母材結晶化度の影響

## Effect of Crystallinity of Matrix on Mechanical Properties of Carbon Fiber/Poly(lactic acid) Composites

後藤広夢<sup>1)</sup>

指導教員 坂口雅人<sup>1)</sup>

1) サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 複合材料構造研究室

キーワード: CF/PLA, 含浸率, 結晶化度, 曲げ応力, 曲げ弾性率,

### 1. 緒言

近年, 輸送機器の軽量化の為に, 鉄より軽量かつ高い剛性, 強度を誇る炭素繊維複合材料 (CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastic) が注目され, なかでも熱可塑性樹脂を母材として成形した CFRTP (CFRP: Carbon Fiber Reinforced Thermo Plastic) の実用化に力が入られている. しかし, CFRTP は CFRP に比べて強度と剛性が低い<sup>[1]</sup>. そこで強度を上昇させる方法として, 岩本らはポリイミド系 CFRTP の結晶化度を上昇させると強度が向上する事を明らかにしている<sup>[2]</sup>. 本研究は, ポリ乳酸を母材とした CFRTP を成形後熱処理を行い母材の結晶化度を变化させた時の力学的特性への影響を明らかにする.

### 2. 実験方法

#### 2.1. CF/PLA 成形

積層構成 [0]<sub>4f</sub> の CF/PLA をフィルムスタッキング法で成形した. PLA ペレットを 70 °C で 6 時間以上絶乾する. その後アルミ板 2 枚の間に 0.1 mm の PTFE シートを敷き, PLA 約 3 g をホットプレスを用いて 200 °C で 10 分間放置後, 5 kN の押切荷重をかけて PLA フィルムを 4 枚成形した.

炭素繊維テキスタイル材 (CF) (東レ (株) 製 トレカクロス T300-3000) を 110 mm×110 mm の寸法に 4 枚切り出した. (SS400 製 110 mm×110 mm) 金型を組み, CF4 枚と PLA フィルム 4 枚を交互に挟み込み, 200±5 °C まで加熱後, 2.5 MPa で 10 分間加圧したのち 70 °C まで水冷し 4 層の CF/PLA を成形した.

#### 2.2. 曲げ試験片の製作

成形した CF/PLA はラボカッター (マルトー製 MC-201) で切り出し, 金型に入れ, ホットプレス (井元製作所製 IMC-19AD) を用いて温度 130 °C で, それぞれ 3.5 時間, 7 時間, 14 時間熱処理を行った. CF/PLA の中央にひずみゲージ (KYOWA 製 KFGS-5-120-C1-11 L1M2R) を試験片片面中央に接着し, 厚さ 2±0.4 mm 幅 15±0.2 mm, 長さ 100±1 mm の曲げ試験片を作製した.

#### 2.3. 3点曲げ試験

万能試験機 (IMADA 製 MX-500N) を試験速度は約 9 mm/min とし, 3点曲げ試験と引張試験を行い, 曲げ応力-ひずみ線図から最大曲げ強度, 曲げ弾性率を求めた.

#### 2.4. 端面観察と含浸率測定

試験前と試験後に材料の端面をデジタルマイクロスコープ (KEYENCE 製 VHX5000) を用いて観察し, 端面の亀裂を観察した. 含浸率は以下の (1) 式で求めた.

$$\text{含浸率} = \frac{A-A'}{A} \times 100 [\%] \quad \dots (1)$$

A=繊維束全体面積 A'=未含浸領域面積

#### 2.5. 示差走査熱量測定

約 4 mg の試験片を, 示差走査熱量計 (DSC-60) を用いて示差走査熱量分析を行い, 以下の式に値を代入して結晶化度を求めた.

$$\text{結晶化度} = \frac{L}{P} \times 100 [\%] \quad \dots (2)$$

L=試験片の融解エンタルピー

P=ポリ乳酸の結晶化度が 100 % 時の融解エン

タルピー -135 J/g<sup>[3]</sup>

### 3. 実験結果

3点曲げ試験後、曲げ応力—ひずみ線図より曲げ強度と曲げ弾性率を求めた。図1は曲げ強度と曲げ弾性率の平均値と標準偏差を示す。図1より曲げ強度は未処理の時が450 MPaで7時間時には300 MPaまで減少していき、14時間時に370 MPaまで増加した。

図1より曲げ弾性率は、時間が長くなるにつれて増加し、14時間の時が一番大きくなったが、7時間の熱処理の曲げ弾性率は未処理の時より低い値となった。図2は熱処理時間を変えたCF/PLAの結晶化度を示す。図2より、未熱処理の時が一番低く、3.5時間、7時間と増加し、14時間の時が一番高かった。

図3は熱処理時間を変えたCF/PLAの含浸率を示す。含浸率は未処理が約92%、3.5時間が約93.8%、7時間が約93.1%、14時間が約95%と熱処理時間が長い程含浸率は増加した。

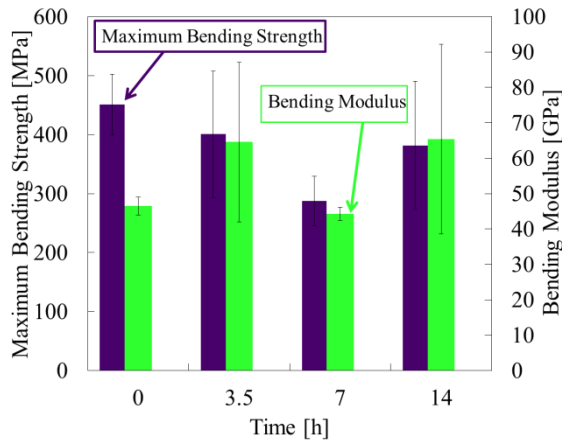


図1 CF/PLAの曲げ強度と曲げ弾性率

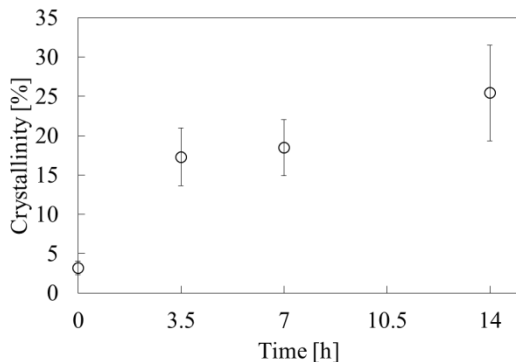


図2 熱処理時間を変えたCF/PLAの結晶化度

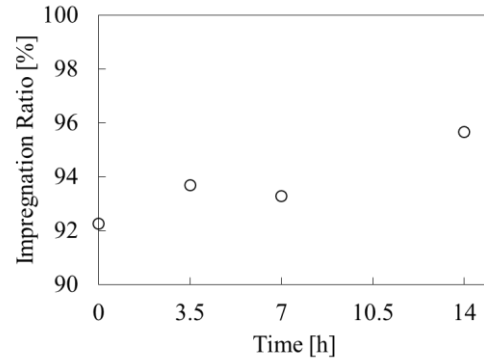


図3 熱処理時間を変えたCF/PLAの含浸率

### 4. 考察

実験では熱処理時間における強度と弾性率の変動が大きく、特に熱処理時間が14時間の時が曲げ強度、弾性率共に7時間の時より大きく増加している事が明らかになった。

この原因として熱処理時間による含浸率の増加があげられる。CFRTPの成形時間を長くし、結晶化度が増加すると含浸率も増加する事が田中ら<sup>[4]</sup>の論文により報告されている。CFRTPの強度の変化も含浸率によるものと考察する。

### 5. 結言

熱処理時間を長くすると、結晶化度と含浸率は上昇する。熱処理時間が長くなればなるほど、結晶化度と曲げ強度、曲げ弾性率のばらつきが大きくなる。

### 6. 参考文献

- [1]室井國昌 “熱可塑 UD テープカット材のランダム配向材の成形—高剛性・高強度の複雑形への適用可能なコンプレッション成形—”, 日本塑性加工学会会報誌(2018)Vol.1 No.007, pp.8-12.
- [2]岩本典之, 宗宮詮 “結晶化ポリイミド系 CFRTP のクリープコンプライアンスに及ぼす繊維含有率の影響”, 日本機械学会論文集 62 巻 603 号(1996)No.96, pp.2495-2500.
- [3]Tsuji, H., Daimon, H. and Fujie, K., “A New Strategy for Recycling and Preparation of Poly(L-lactic acid) : Hydrolysis in the Melt”, Biomacromolecules, Vol. 4, No. 3 (2003), pp. 835-840.
- [4]田中和人, 前畑俊輔, 片山傳生 “連続炭素繊維強化熱可塑性樹脂基複合材料の機械的特性に及ぼす樹脂供給形態の影響”, Journal of the Society of Materials Science, Vol.65, No.8(2016), pp.592-597.