

β型リン酸三カルシウム/ポリ乳酸複合材料の力学的特性 に及ぼす界面処理の影響

Effect of Interfacial Treatment on Mechanical Properties of β-tricalcium Phosphate/Poly(lactic acid) Composites

才木一眞⁽¹⁾

指導教員 坂口雅人⁽¹⁾

(1) サレジオ工業高等専門学校 複合材料構造研究室

キーワード：PLA, β-TCP, 乳酸

1. 緒言

今日の医療では、骨折した際の骨固定用材料に金属材料が多用されるが、自家骨の弾性率 (7~30 GPa)⁽¹⁾よりも遥かに高い弾性率 (100 GPa 程度)による応力遮へいにより、骨が弱化してしまう。故に、金属材料を生体内に埋入した場合はこれを取り除く為の再手術が必要であり、この再手術が患者の負担となっている。この状況を改善する為に、生体内で分解吸収され再手術を必要としない生体吸収性プラスチックが注目されるようになった。ポリ乳酸 (PLA)は生体吸収性プラスチックの1つであり、既に一部の骨折などの手術に用いられている⁽²⁾。しかし、骨固定用材料として PLA を使用する場合、剛性の不足や、骨伝導性が無い事から生体適合性が不十分である為、高弾性率かつ骨伝導性を有するβ型リン酸三カルシウム (β-TCP)との複合化により剛性や生体適合性を向上させる試みがなされた。しかし、β-TCPの含有率に伴い、β-TCPとPLAの界面にはく離が生じる事で強度が低下してしまう。

本研究ではβ-TCP/PLA複合材料の強度を向上させる手段として、β-TCP表面の処理によりβ-TCPとPLAの界面強度を向上させる事に着目した。長尾らは含有量の異なるL-乳酸でβ-TCP表面をそれぞれ処理した結果、6 phrの割合で界面処理した時に最も強度が向上し、かつ未処理のβ-TCP/PLA複合

材料よりも高い強度となる事を報告している⁽³⁾。本研究では、0, 6, 24 phrのL-乳酸で界面処理したβ-TCP/PLA複合材料を作成し、先行研究では行われなかった24 phrを含むL-乳酸で界面処理した複合材料の力学的特性を調査する事を目的とする。

2. 実験方法

2.1. 界面処理

精製水にL-乳酸を3g加え、攪拌機 (アズワン株式会社, SS-P1)を用いて攪拌しながらβ-TCP50gを加えた。80℃で湯煎したまま3時間攪拌し、真空乾燥炉 (AS-ONE, AVO-200V)を用いて80℃で乾燥させた。尚、界面処理に用いるL-乳酸の量は0, 6, 24 phrでそれぞれ0, 3, 12gである。

2.2. 試験片作成

乾燥炉 (アズワン株式会社, OFX-5)を用いて、重量平均分子量約155,000のPLAを70℃で24時間絶乾後、連続式二軸混練機 (株式会社栗本鐵工所, S1 KRC ニーダ)を用いてPLAと30 mass%のβ-TCP (ラサ晃栄株式会社, 粒径:4 μm)を熱混練した。混練条件は胴体温度200℃, 製品温度200℃, 回転速度81 rpmである。混練した材料は粉碎機 (大阪ケミカル株式会社, WC-3)を用いてペレット状にした。

試験片はホットプレスを用いた押切成形により成形した。熱混練した材料を乾燥炉にて70℃で絶乾後、図1のように、PTFEシート (日東電工株式

会社, No900UL 厚さ 0.10 mm)と β -TCP/PLA 複合材料 30 g を金型の中に入れ, ホットプレスで金型を $200\pm 5^\circ\text{C}$ まで加熱した. 金型の温度が $200\pm 5^\circ\text{C}$ まで達した時点から 10 分間静置して熔融後, 5 kN で 10 分間加圧した. 試験片はラボカッター (株式会社マルトー, MC-201)で 10 mm \times 110 mm に切断した. 尚, 引張試験片の場合はアルミタブを図 2 のように接着した.

2.3. 力学的特性試験

0, 6 phr は押切成形を行う際に材料表面に気泡が生じた事で脆弱になり, 引張試験での測定が困難であった為曲げ試験での測定に変更した. また, 24 phr は引張試験の他に 0, 6 phr との比較の為に曲げ試験での測定も行った. 曲げ試験は支点間距離 64.55 mm の万能試験機 (ホーザン株式会社, MX-500 N-L550)を用いて, 引張試験は引張速度 0.5 mm/min で万能試験機 (島津製作所, AGS-1000A)を用いて測定を行った.

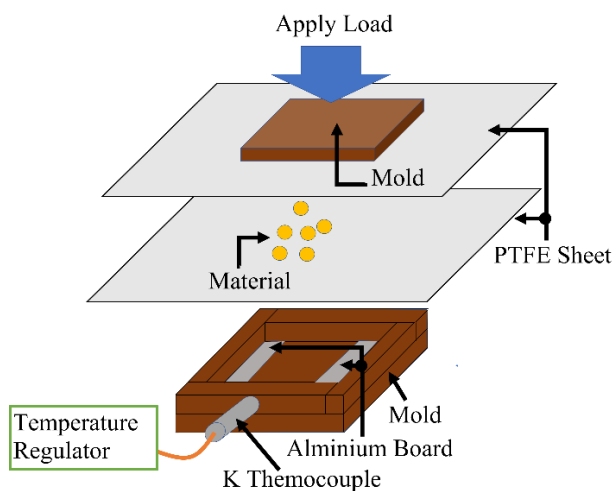


図 1 押切成形

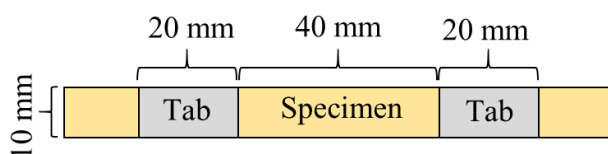


図 2 引張試験片

3. 実験結果及び考察

図 3 に, 本研究にて調査したデータに加えて, 圧縮成形で成形した β -TCP 含有率 30 mass%の β -

TCP/PLA 複合材料での引張試験結果を示す. 曲げ試験の結果, 0, 6 phr の曲げ強度及び弾性率は 24 phr よりも低くなった. これは 0, 6 phr の表面に生じた気泡に起因していると考えられる. 尚, 引張試験の結果, 24 phr の引張強度は未処理のものとは比べて著しく低くなった. これは β -TCP 粒子の表面に L-乳酸が過剰に付着した事から, PLA と結合した L-乳酸分子が β -TCP と直接繋がりを持たず, β -TCP と PLA の界面での強度低下が生じた為であると思われる.

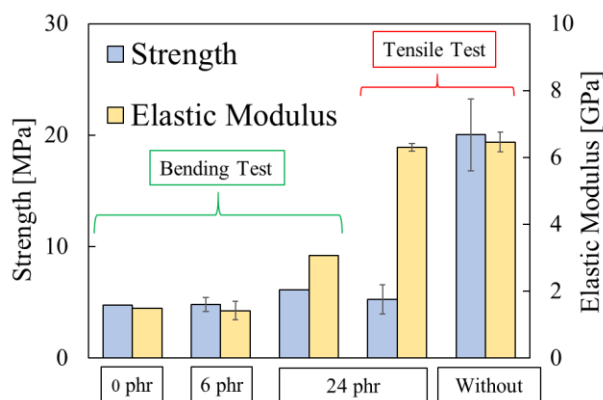


図 3 曲げ試験及び引張試験結果

4. 結言

本研究では 0, 6, 24 phr で L-乳酸処理した β -TCP/PLA 複合材料を作成し, 先行研究⁽³⁾に見られるような強度向上を確認する事を目的とした. しかし, 0, 6 phr は押切成形の際に気泡が生じてしまい引張試験での測定を行う事が出来なかった. 再度 L-乳酸で界面処理をし, 引張試験での強度向上を確認する事が今後の課題である.

参考文献

- (1) 井奥洪二, “セラミックス人工骨の微構造設計へ向けて”, Journal of the Society of Inorganic Materials, Japan, 8 巻 291 号 (2001), pp. 153-159.
- (2) 辻秀人, 筏義人, “ポリ乳酸—医療・製剤・環境のために”, 高分子刊行会, (1997), pp. 1-5.
- (3) 長尾梨紗, 小林訓史, “L-乳酸により界面処理した β 型リン酸三カルシウム/ポリ L 乳酸複合材料の力学的特性”, 日本機械学会第 18 回機械材料・材料加工技術講演会, (2010), pp. 528-532.