

音響測定を用いた界面処理 TCP/PLA 複合材料の破壊挙動調査

Investigation of Fracture Behavior of Interface-treated TCP/PLA Composites using Acoustic Measurement

サンチェズ ション¹⁾

指導教員 坂口 雅人²⁾

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

2) 岐阜大学 工学部 機械工学科 (元サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科)

キーワード：複合材料, 音響測定, 界面処理, ポリ乳酸, リン酸三カルシウム

1. 緒言

骨折の治療には強度の高い金属製の固定デバイスが使われているが、金属は人体への適合性が低い。このため、骨の修復後に除去することが求められるが、これは人体への負担が大きい。そこで金属の代替材料として体内で分解・吸収されるリン酸三カルシウム (TCP) / ポリ乳酸 (PLA) 複合材料が注目されている。小林らは、TCP に対し重量比 6% の L-乳酸で処理した TCP/PLA が最も強度が高くなることを報告している [1]。また、我々の先行研究で TCP に対し重量比 6% のステアリン酸処理が最も強度が高い事が報告されている [2]。しかし、界面処理は溶媒として使用されているエタノールの蒸発に時間がかかり生産性が悪い。そこで、エタノール量を変化させて処理時間と力学的特性の変化を調査した。また、材料破断時の可聴音を記録し音と破壊の関係性、特に破壊の予兆音の有無を調査した。本研究では、材料破断時に放出される予兆音を観測し、材料の破壊挙動を調査することが目的である。

2. 方法

2.1 試験片成形

ステアリン酸 (Tomos Candle Craft) を用いて TCP (富士フィルム和光純薬株式会社 032-10855) 表面の界面処理を行った。処理条件は、ステアリン

酸の質量比を 6 phc とし、使用するエタノール量を 50 ml, 100 ml, 200 ml とした。エタノールにステアリン酸を溶かし、TCP を加えた懸濁液を混合した。その後、エバポレータを用いて、エタノールを揮発させ、真空炉で絶乾を行った。エバポレータによって界面処理を行う際に 15分おきに懸濁液の質量を測定し、エタノールの量の変化を調査した。

界面処理した TCP と PLA (武藤工業株式会社, MAGIX-PLA-17CL) は一軸混練機を用いて熱混練された。TCP 含有量は 30mass% とし、混練温度 200 °C, 回転速度 60 rpm で熱混練を行った。そして、金型温度 200°C, 射出圧力が約 2.94 MPa で射出成形を行い、図 1 に示すダンベル型試験片を成形した。

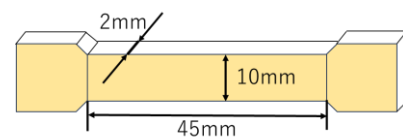


図 1 試験片の概略図

2.2 引張試験

万能試験機 (島津製作所, AGS-1000A) を用いて試験片の引張試験を引張速度 0.5 mm/min で行った。このとき、試験片中央にひずみゲージとその上部にマイク (SEIKO, STM30) を取り付けて、ひずみと試験片破壊時の可聴音を記録した。録音したデータから Octave によって音声波形を取得した。

3. 結果・考察

3.1 試験片成形

図2は界面処理時のエタノール量質量遷移を示している。50 ml時は135分、100 mlと200 mlでは90分を要した。50 mlと200 mlは試験片を4本ずつ成形し、すべて成形時に破損したことで試験片を作り出すことができなかった。エタノール量50 mlでは金型分解時には既に試験片が破損しており、200 mlでは成形時に金型の隙間に浸透した材料により金型の分解が不可であった。100 mlでは5本中3本の成形ができた。試験片には図3の丸印と斜線部分に気泡やヒケが多少みられた。

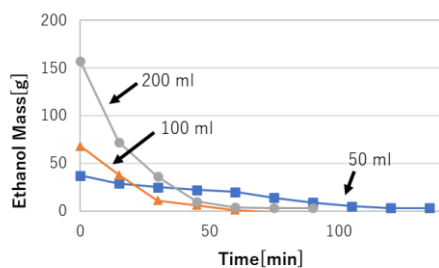
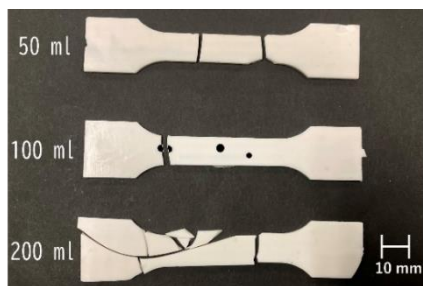


図2 エタノール量の質量遷移



(1) PLA



(2) TCP/PLA

図3 試験片の外観

3.2 引張試験

図4はエタノール量100 mlでステアリン酸処理をしたTCP/PLAとPLA単体の試験片の応力-ひずみ線図である。引張強度はTCP/PLAが6.7 MPa, PLA単体の引張強度が22 MPaであった。また、F図5はエタノール量100 mlでステアリン酸処理を

したTCP/PLA試験片とPLA単体の引張試験における応力-時間線図と音声波形である。図から波形が材料破断時の音だと確認できた。TCP/PLAは試験開始から約22 s, PLA単体は約53 sにおいて破断音が可視化できた。破断時の電圧は共に0.4V程度となった。

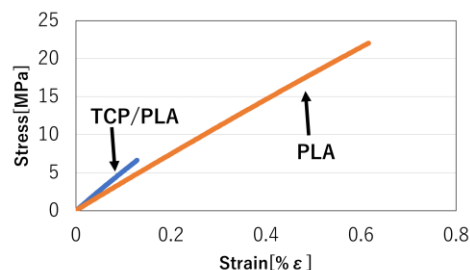
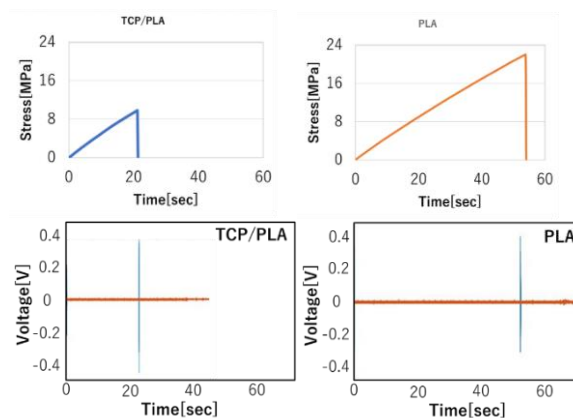


図4 界面処理を施したTCP/PLA複合材料とPLAにおける応力-ひずみ線図



(1) TCP/PLA

(2) PLA

図5 界面処理を施したTCP/PLA複合材料とPLAにおける音声波形の比較

4. 結言

本実験方法では、界面処理時のエタノール量100 mlの試験片を成形することができ、試験片には気泡やヒケがみられた。引張強度はTCP/PLAが6.7 MPa, PLA単体が22 MPaであった。また、破断音の可視化ができた。

文献

- [1] Satoshi Kobayashi, Risa Nagano "Effect of surface modification of β -tricalcium phosphate on mechanical properties of poly(L-lactic acid) composites", *Advanced Composite Materials*, vol. 24, (2015), pp. 467-480
- [2] 才木一真, "延伸及び界面処理を用いた β 型リン酸三カルシウム/ポリ乳酸複合材料のハイブリッド強化手法の開発", *天田財団助成研究成果報告書*, 34巻 (2021)