

生分解性プラスチックの添加剤の改質と分解性の制御

ものづくり基盤技術課 岡野 優、水野 渡^{*1}、川野優希、高松周一、山崎茂一、出村奈々海

1. 緒言

プラスチックは、主に石油を原料に合成され、軽量かつ丈夫であり、優れた加工性や長期安定性等の特性を有し、日常生活の様々な製品に利用されてきた。しかし、近年の世界的な生産量の増加に伴い、これら汎用プラスチックによるマイクロプラスチックや地球温暖化、プラスチック廃棄物の問題が世界的に取り上げられている。この背景のもと、ポリ乳酸（PLA）を代表とした、自然環境中の微生物によって分解・代謝され、最終的に水と二酸化炭素となる「生分解性プラスチック」が注目されており、特にプラスチック廃棄物の削減効果が期待される。

このように注目されている生分解性プラスチックであるが、課題に使用時あるいは使用後の分解速度、すなわち、分解性の制御が挙げられる。そこで、生分解性樹脂に添加剤としてバイオマス資源を複合し、生分解性を制御した生分解性プラスチック材料の開発を目指すこととした。

本研究では、生分解性樹脂である PLA に添加剤としてバイオマス資源のデンプン（パレイショ由来）及びキチン（いずれも 1wt%及び 5wt%）をそれぞれ複合した材料を作製し、力学特性評価（引張・曲げ試験）と腐葉土を用いた簡易的な生分解性評価を実施したので報告する。

2. 実験方法

2.1 使用材料

PLA はユニチカ株式会社製テラマック（TE-2000）を用いた。デンプン（パレイショ由来）（和光 1 級）及びキチン（和光 1 級）は富士フィルム和光純薬株式会社製のものをを用いた。

2.2 力学特性評価（引張・曲げ試験）

PLA 複合材料について、引張試験は JIS K 7162 に準じて小形引張試験片（ダンベル形：1BA 形）で、曲げ試験は JIS K 7171 に準じて曲げ試験片（短冊形：タイプ B）で、小型強度試験機（株式会社島津製作所製、EZ-LX）を用いてそれぞれ試験した。試験本数は、いずれも 5 本とした。なお、比較材として、PLA のみの場合でも同様に試験した。

2.3 PLA 複合材料の簡易的な生分解性評価

2.3.1 試験片

簡易的に実施した生分解性試験において、PLA 複合材

料の各試験片は小型射出成形機（日精樹脂工業株式会社製、NPX7-1F）を用いて作製した小形引張試験片（ダンベル形：1BA 形）を用いた。

2.3.2 試験手順

生分解試験は、JIS K6953 等に則って実施するのが一般的であるが、本研究では、添加剤のスクリーニングを目的とし、腐葉土を用いて簡易的に実施することとした。

PLA 複合材料の各試験片を 18 本ずつ用意し、前処理として恒量になるまで乾燥した。試験容器（長さ 30 cm×幅 20 cm×高さ 10 cm の PP 製（ふた付き）で、ガス交換のための直径 5 mm の穴を設けたもの）に湿らせた市販の腐葉土（水分率を約 70%に調整）を約 1.5kg 敷き詰め、これに試験片を入れ、恒温器（ADVANTEC 製、CI-610）にて温度 60℃で試験した。なお、試験片は腐葉土に入れる前に 30 秒間程度、純水中に浸漬した。試験開始後、定期的に腐葉土の攪拌及び純水の追加を行った。開始後、28 日目以降は攪拌せず、純水の追加のみ行った。試験開始 3、7、14、21、28、50 日後に試験片を 3 本ずつ取り出し、純水で洗浄し、恒量になるまで乾燥した。その後、形態観察、重量変化及び強度変化を評価した。

2.3.3 評価方法

形態観察は、デジタルカメラ（OLYMPUS 製 Tough TG-6）を用いて、試験片の外観を撮影した。

重量変化は、試験前の乾燥質量（g）に対する試験後の乾燥質量（g）を重量保持率（%）として求めた。

強度変化は、小型強度試験機を用いて、試験前の試験片の応力（MPa）に対する試験後の試験片の応力（MPa）を強度保持率（%）として求めた。なお、試験片は試験環境で 1 週間以上状態調節した。

3. 実験結果および考察

3.1 力学特性評価（引張・曲げ試験）

引張及び曲げ弾性率は、いずれの添加剤も PLA のみと同程度であったが、引張及び曲げ強度は、数%～十数%の低下が見られた。走査型電子顕微鏡（日本電子社製、JSM-IT300LV）を用いて引張試験片の破断面を観察したところ、添加剤の凝集物や脱落した形跡、界面ではなく離を確認した。したがって、この強度低下の原因は、添加剤の「凝集」や樹脂との「密着不良」であると考えられる。この問題に関しては、複合方法を最適化し、凝集等を防止するこ

^{*1} 現 企画管理部

とでベース材料の特性を維持可能であると思われる。

3.2 PLA 複合材料の簡易的な生分解性評価

Fig. 1 に、簡易的な生分解性試験の試験開始 50 日後における PLA 複合材料の各試験片状態を示した。デンプンを複合した試験片は、PLA のみと比較すると、生分解による形状崩壊が顕著であった。これは、微生物によってデンプンが分解されることでできた細孔により、試験片と微生物の接触面積が増加し、分解速度が向上したためであると考えられる。一方で、キチンの場合、5wt%複合した試験片は比較的形状を保持していることを確認した。

Fig. 2 に、PLA 複合材料の重量保持率及び強度保持率の経時変化を示した。PLA の生分解は、第 1 ステップで化学的な加水分解による分子鎖の切断が進行し、第 2 ステップでその低分子量化したものを微生物が分解する、2 段階で進行する¹⁾。試験開始 14 日目までは、主に加水分解による分子鎖の切断が起こり、それに伴う強度低下、それ以降は主に微生物分解による重量減少が確認された。また、生分解性に関して、デンプンの場合、分解は促進され、添加量が 1wt%と 5wt%ではほとんど差はなかった。一方

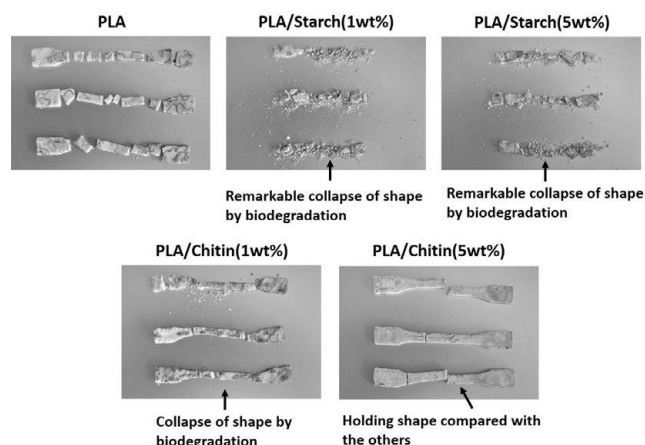


Fig. 1 The biodegradable state of test pieces made of PLA composite material after 50 days from start of the test

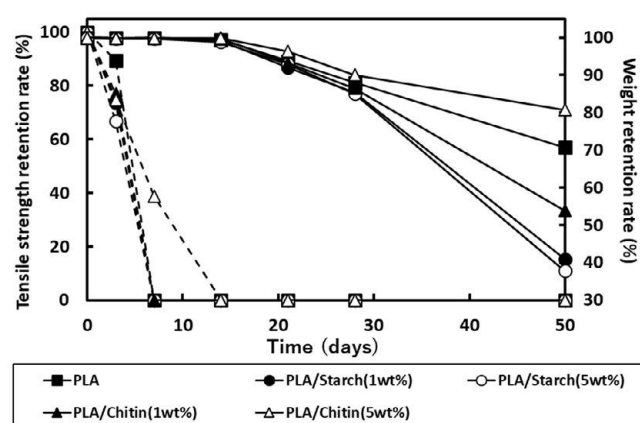


Fig.2 Change-with-time of weight and tensile strength retention rate of test pieces made of PLA composite material (solid line: weight retention rate, broken line: tensile strength retention rate)

で、キチンの場合、1wt%では分解の促進、5wt%では分解が抑制されることを確認した。これは、キチンの有する抗菌性により微生物分解が抑制されたためであると予想される。以上のことから、キチンを添加した場合、その添加量を調節することで生分解性制御の可能性が示唆された。

4. 結言

PLA 複合材料の力学特性及び生分解性を評価した。特に、生分解性に関して、キチンの添加量を調節することで生分解性制御の可能性が示唆された。

今後、キチン添加量のスクリーニング (3wt%と 10wt%) やより実用化を見据えたポリブチレンサクシネート (PBS) への検討などを実施する予定である。

参考文献

- 1) 望月政嗣 監修：生分解性プラスチックの素材・技術開発—海洋プラスチック汚染問題を見据えて、株式会社エヌ・ティー・エス, 2019, pp.31-37

キーワード：生分解性プラスチック、ポリ乳酸 (PLA)、バイオマス資源、デンプン、キチン

Reforming of Additives and Control of Degradability for Biodegradable Plastics

Core Manufacturing Technology Section; Masaru OKANO, Wataru MIZUNO^{*1}, Yuki KAWANO, Shuichi TAKAMATSU, Shigekazu YAMAZAKI and Nanami DEMURA

In this study, mechanical characteristics (tensile test and bending test) and biodegradability of poly (lactic acid) (PLA) composite materials were investigated. PLA composite materials were confirmed their mechanical characteristics. Also, a simple biodegradable test for test pieces made of PLA composite material was conducted. This result suggested that the biodegradability can be controlled by adjusting addition amount of chitin.