

生分解性樹脂の分解に伴う強度変化

[研究代表者] 山田 章（工学部機械学科）

研究成果の概要

生分解性プラスチックは、限りある化石資源からの脱却、および廃棄物の流出による環境への悪影響の低減に対して期待される素材である。近年、パッケージなどのディスポーザブル用途に多用されており、今後さらなる用途の拡大が期待されている。しかしながら、製品の設計に際して必要になる、分解の進行に伴う強度低下特性は、十分にわかっているとはいえない。本研究では、ポリ乳酸および酢酸セルロースを対象として、浸漬による分解の進行に伴う強度の変化を評価した。また、これらの材料では分解の進行に対して構造物中の水の挙動が影響を与えるため、水分率に着目した。ポリ乳酸および酢酸セルロースは、簡易射出成形装置によって直方体形状の曲げ試験片を作製し、浸漬後に水分率の測定および曲げ試験を行った。水分率は加熱乾燥による前後の重量差から見積もった。曲げ試験は4点曲げ試験後に最大曲げ応力と弾性率を算出した。酢酸セルロースの最大曲げ応力は、浸漬から7日間に大きく低下したが、その後は大きな変化はなかった。また、水分率は浸漬開始から7日間で約5%まで上昇したが、その後は小さくなる傾向にあった。浸漬開始後に吸収した水分により分解が進行し、強度が低下したと考えられる。また、ポリ乳酸と酢酸セルロースでは、浸漬に伴う強度の低下に対して異なるメカニズムが作用していると考えられる。この点を明らかにするためにはさらなる検討が必要である。本研究で得られた知見は、分解性材料を用いた製品の設計に役立つことが期待される。

研究分野：生体工学

キーワード：ポリ乳酸、酢酸セルロース、強度特性、水分率

1. 研究開始当初の背景

プラスチックは現代の便利な生活環境を維持するために不可欠な素材である。従来品は化石資源を原料とするため、将来的に枯渇する懸念がある。また、化石資源からなるプラスチックは、環境中における分解期間が数十年以上と極めて長いこと、製品の使用後に環境中に放出されると残存し続けるという問題があり、環境汚染や生態系への悪影響の問題が深刻化している。地球規模の持続性を維持するためには、地球上に多量に存在していて、かつ環境中で分解する、循環サイクルを実現可能な原料によるプラスチックの普及が期待されている。

このような背景から、環境中において分解性を有する生分解性プラスチックが注目されてきた。近年注目されている素材に木材や綿花を原料とする酢酸セルロースがある。古くから知られた材料であり、生体に対する安

全性、使用時の耐環境性、耐薬品性、電気絶縁性に優れ、海洋中の分解性に優れたバイオマス由来のプラスチックである。化石燃料由来のプラスチックの普及に押されてきたが、近年の環境問題に伴って見直され、改良されて製造されている。酢酸セルロースは、実用性に富んだ材料であるが、製品の使用中および使用後の機械的特性がよくわかっておらず、用途の拡大を妨げている。

2. 研究の目的

本研究では、酢酸セルロースの分解進行に伴う強度特性の変化を明らかにする。分解の進行には、構造物中の水分の挙動が大きく関わっており、強度特性の変化に影響を及ぼす。また、浸漬溶液の種類、温度も分解の進行に影響を及ぼす要因である。

浸漬期間の経過に伴う構造物中の水分量の変化を把

握することで、水の動態が分解の進行に及ぼす影響について考察する。また、機械的特性の変化に及ぼす水の挙動および水溶液組成の影響についても検討する。

我々はこれまでに、ポリ乳酸の分解特性のデータを取得してきた。そのため、酢酸セルロースの強度特性の変化を評価するための最初のステップとして、ポリ乳酸と同じ条件で試験を実施して、得られたデータを比較する。

3. 研究の方法

酢酸セルロースを用いて、卓上超小型射出成形機により曲げ試験用の直方体形状の試験片(3×3×35 mm)を作製した。試験片は、8 ml の生理食塩水(0.9% NaCl)を入れた小型容器に入れて浸漬し、37℃のインキュベーター内で最長で 90 日間保管した。試験片の水分率は、加熱乾燥により浸漬前後の重量差から算出した。機械的特性は、4 点曲げ試験により強度試験を行い、応力-変位線図から最大曲げ応力、弾性率、破断エネルギーを導出した。

4. 研究成果

図 1 に酢酸セルロースの応力-変位線図の浸漬日数による変化を比較した結果を示す。未浸漬(0 日)の試験片では最大曲げ応力は 85 MPa となった。これに対して、7 日および 28 日間浸漬した試験片では、50 MPa まで低下した。また、7 日および 28 日間浸漬した試験片では、試験器の可動範囲において破断に至らなかった。

図 2 は酢酸セルロースの最大曲げ応力の平均値(N=5)の浸漬日数による変化をポリ乳酸と比較して示す。酢酸セルロースの最大曲げ応力は、浸漬後 7 日間に 38.9%低下した。浸漬期間 7 日目以降は、最大曲げ応力に大きな変化はなかった。一方、ポリ乳酸は 14 日間の浸漬により、水分の吸収により一時的に最大曲げ応力が増加し、90 日間の浸漬では大きな変化はなかった。

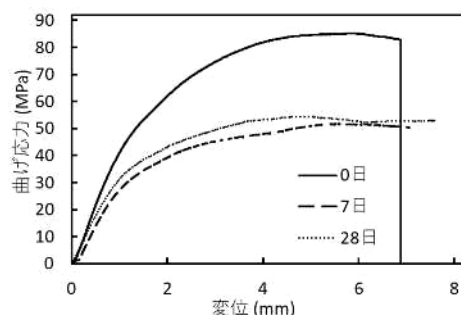


Fig. 1. 酢酸セルロースの応力変位線図の浸漬日数による比較

図 3 より、酢酸セルロースの曲げ弾性係数は、概ね 1 GPa となり、浸漬日数 90 日の範囲では大きな変化はなかった。ポリ乳酸の曲げ弾性係数が概ね 3 GPa であったことと比べると変形抵抗は小さいことがわかる。

図 4 より、酢酸セルロースの含水率は浸漬後 7 日で 5.2%、90 日では 1.2%まで低下した。

酢酸セルロースは、浸漬開始後 7 日以内に強度低下が開始するものの、本格的な強度低下には 90 日を超える期間を要することが考えられる。また、図 4 より水の吸み上げ量は浸漬開始から 7 日間に大きかった。このことから、水の作用によって分解が進行し、結果として強度低下が進むと考えられる。

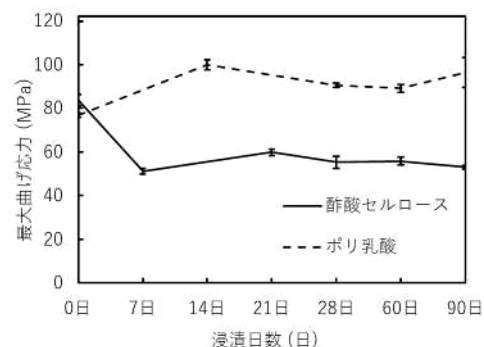


Fig. 2. 酢酸セルロースの最大曲げ応力の浸漬日数の経過に伴う変化

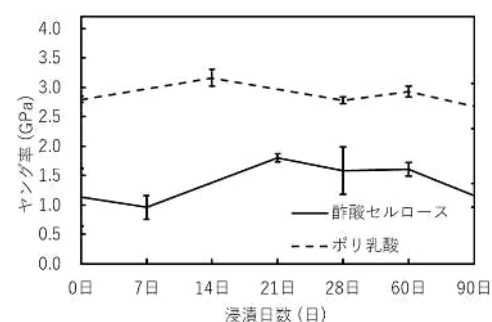


Fig. 3. 酢酸セルロースの曲げ弾性率の浸漬日数の経過に伴う変化

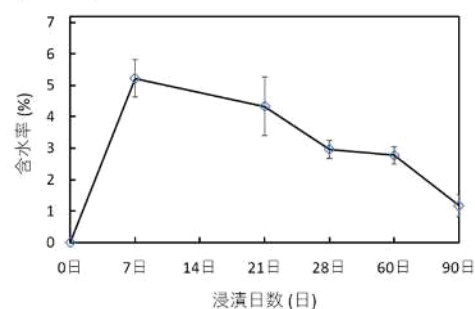


Fig. 4. 酢酸セルロースの浸漬日数の経過に伴う含水率の変化

5. 本研究に関する発表

〔学会発表〕(計 2 件)

1. 浸漬状態におけるポリ乳酸の強度低下への水分率の影響、山田章、建部貫太、第 62 回日本生体医工学学会大会 (2023)
2. ポリ乳酸構造物の浸漬下における水分率と強度低下の関係、山田章、建部貫太、日本機械学会 2023 年度年次大会 講演論文集、J025-02 (2023)