

生分解性樹脂ポリ乳酸によって作製した構造物の分解に伴う強度特性変化に関する研究

[研究代表者] 山田 章 (工学部機械学科)

[共同研究者] 武田亘平 (工学部機械学科)

研究成果の概要

ポリ乳酸は代表的な生分解性樹脂であり、加水分解によって分解が進行し、最終段階では二酸化炭素と水にまで分解する材料である。近年は、熱溶解積層造形方式(FDM)の 3D プリント用の材料として多用されている。我々はこれまでに、分解の進行に伴う強度低下のメカニズムに着目して、FDM3D プリントによって作製した試験片を所定の期間浸漬した後、引張試験法により機械的強度の変化を評価してきた。また、試験片作製時のノズル走査パターンの分解に伴う機械的強度変化への影響についても評価してきた。一方、分解性を有する材料では、表面状態の強度への影響が反映されやすい曲げ試験との対比が重要であるため、本年は、FDM3D プリントのノズルの走査パターン、及び充填率を変えて直方体形状の試験片を作製し、4点曲げ試験によって機械的強度特性を評価した。

研究分野：生体工学

キーワード：ポリ乳酸, 強度特性, 分解特性

1. 研究開始当初の背景

生分解性樹脂は、水や酵素の存在下において分解が進行して、構造体の表面状態が変化するとともに、強度が低下していく。これらの性質を利用して、医療や環境分野において応用されている。ポリ乳酸の分解期間は、材料の素性や周辺環境によって概ね数ヶ月から年単位であり、分子量や環境に依存するとされている。材料の分解速度の違いを利用することで、一定期間作動した後に機能を停止し、最終的に消失するなど、新たな機能を持つデバイスを構築できる。最近では、熱溶解積層造形(FDM)方式の3Dプリント用材料としてポリ乳酸材料が安価に供給されており、試作用途などに広く用いられるようになってきた。

我々は、市販のFDM3Dプリンタによって小型の生分解樹脂製の試験片を直接作製し、分解に伴う強度特性の評価を行ってきた。これまでに、デバイス作製の基礎データを得るために、浸漬分解後の引張強度の低下に対する、作製時のノズル走査方向の影響を評価してきた。得

られた知見は、学術論文(inventions, 4, 21, 2019)に報告した。残された課題として、材料の分解進行が構造物の機械的強度の低下に与える影響を解明する必要がある。そのため、これまでとは異なる新たな試験法の導入を検討した。

2. 研究の目的

本研究では、FDM3Dプリンタを用いて、ノズル走査パターン及び充填率の異なる試験片を作製し、4点曲げ試験法を用いて、分解の進行に伴う構造物の機械的強度特性の変化を評価することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 試験片の作製

試験片は直方体形状(図 1)とし、FDM3D プリントにより作製した。3D プリントは、Lepton2 (MagnaRecta 製)を用いた。ポリ乳酸材料は、線径φ1.75 mm の市販品を用いた。ノズルの走査パターン(図 2)は、一層毎に長手

方向に対して平行と垂直を交互に重ねるパターン(P.V.)と、長手方向に対して±45°で交互に重ねるパターン(C.)を作製した。充填率(Interior Fill Percentage; IFP)は、100, 80, 60, 50, 30%とした。作製した試験片の観察には、デジタルビデオカメラを用いた。

(2) 浸漬試験

小型のスチロールケースに試験片と生理食塩水(0.9% NaCl) 8 ml を入れ、37°Cに設定した恒温器に保管した。浸漬期間は、14, 30, 45, 60, 75, 90 日とした。

(3) 強度試験

引張試験及び曲げ試験は、テンシロン万能試験機を用いた。ヘッドの移動速度は、1.2 mm/min とした。試験は、全て常温(22-25°C)で行った。

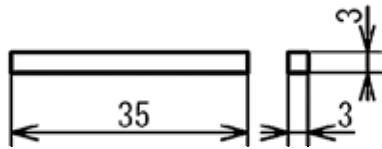


図 1. 試験片の形状と寸法

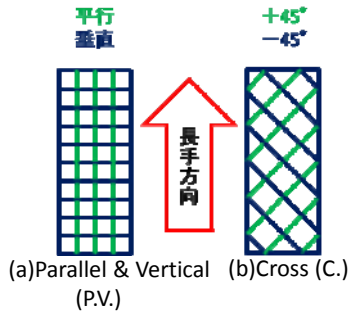


図 2. ノズル走査パターン

4. 研究成果

図 3 に、作製した試験片表面のデジタルビデオカメラ画像を示す。ノズルの走査痕と空隙の存在を確認できる。

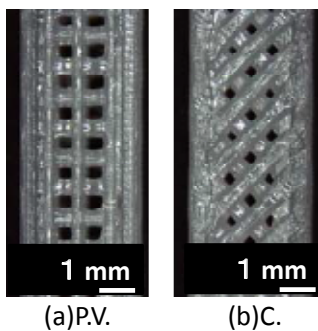


図 3. 試験片表面のデジタルビデオカメラ画像

図 4(a)に試験片作製時のノズル走査パターン P.V.の浸漬(保管)日数の経過に伴う最大曲げ応力の変化を IFP 毎に比較した。また、図 4(b)はノズル走査パターン C.について同様に比較した。浸漬(保管)期間の増加に伴い、最大曲げ応力は低下した。

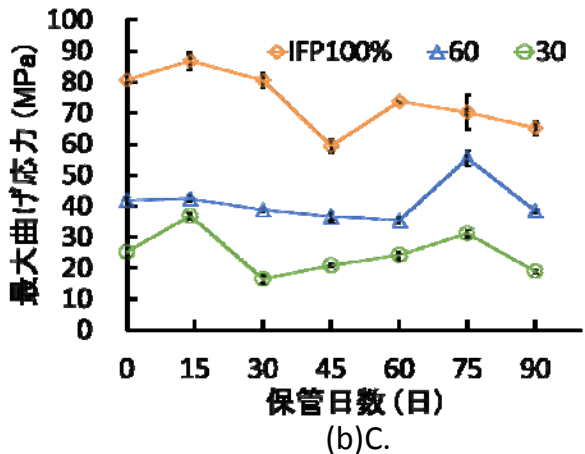
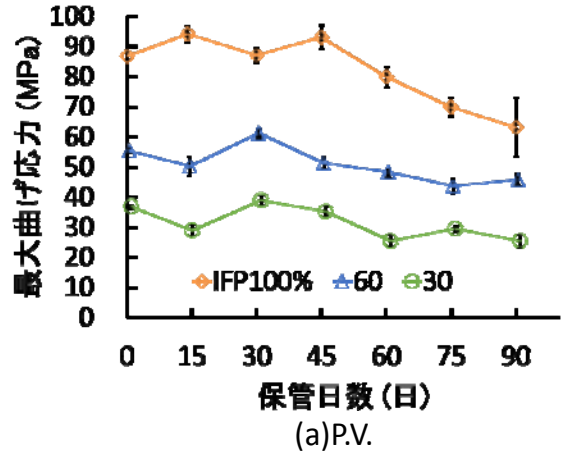


図 4. 浸漬日数の異なる試験片の最大曲げ応力 (a) P.V., (b) C. (平均±標準偏差(n=5)). 図には、IFP100, 60, 30%を表示。

5. まとめ

本研究では、3D プリンタによって作製した、ノズル走査パターンと充填率の異なる試験片の浸漬に伴う強度特性の変化を明らかにするため、曲げ試験法を用いて評価した。本研究を通じて得られた結果は、生分解性樹脂を用いたデバイス等の作成の基礎データとして用いられることが期待される。