

# 3D プリンターで作製した低充填率の生分解樹脂製構造物の分解に伴う強度特性に関する研究

[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

熱融解積層造形方式の3Dプリンターは、細いノズルから融解した樹脂を押出しながら走査して構造物を作製する。通常は高い強度を得るために充填率を100%に設定するが、逆に充填率を低く設定すれば構造物の軽量化等に繋がる。一方、この方式の3Dプリンターにはポリ乳酸を材料として使用できることから、分解性の構造物を容易に作製可能である。我々はこれまでに、充填率100%の試験片に対して、浸漬分解による強度特性の低下のノズル走査パターン依存性とそのメカニズムを明らかにしてきた。本研究では、充填率を変えて試験片を作製し、浸漬分解させた後に引張試験により評価することによって、充填率と強度特性との関係性を明らかにする。

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

熱融解積層造形(Fused Deposition Modeling; FDM)方式の3Dプリンターは、3次元CADデータから直接構造物を作製できることから、近年急速に普及しつつある。FDM3Dプリンターは、細いノズルから溶解した樹脂を押出しながら走査して3次元構造物を作製する手法である。ノズルの走査方向には、全層を単一方向、層毎に交互、層毎に斜めにクロス、等があり、我々はこれまでに浸漬分解による強度低下のノズル走査パターン依存性を明らかにしてきた。一方、FDM構造物では、造形時にノズル走査間隔の広さ(充填率)を変えることができ、構造物の軽量化等のために利用できる。

ポリ乳酸は天然物由来の生分解性樹脂であり、生体内や環境下において分解する性質から、医療や環境用途に使われている。ポリ乳酸の強度は分解の進行に伴って低下する。強度低下の速度は、浸漬溶液、浸漬の環境、温度、等によって異なる。したがって、充填率を低下させた際の浸漬による強度低下は充填率100%で作製したと

きは異なる可能性がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、3Dプリンターを用いて作製した充填率の低い生分解樹脂製構造物の強度および浸漬に伴う強度の低下を、引張試験法を用いて評価することを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 強度試験

引張試験には、卓上引張試験機EZ-Graph(島津製作所製)を用いた。ひずみ速度は $0.12 \text{ min}^{-1}$ に設定した。試験は全て室温(22-25°C)で行った。

### (2) 試験片の作製

図1に引張試験片の形状と寸法を示す。ポリ乳酸には、 $\phi 1.75 \text{ mm}$ の線状の材料を使用した。3Dプリンターは、Lepton2(MagnaRecta製)を使用した。試験片作成時のノ

ズル走査パターンは、引張方向に対して平行にした(図2)。充填率は100, 80, 50, 30%とし(図3)、各5本作製した。樹脂の熔融温度は200°C、造形ステージの温度は80°Cに設定した。

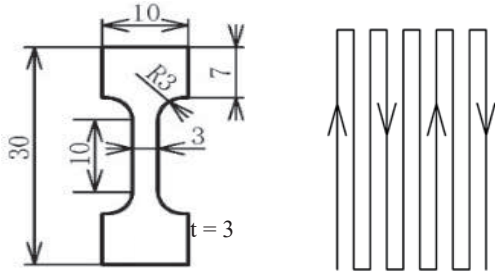


図1. 試験片の形状と寸法 図2. ノズル走査パターン

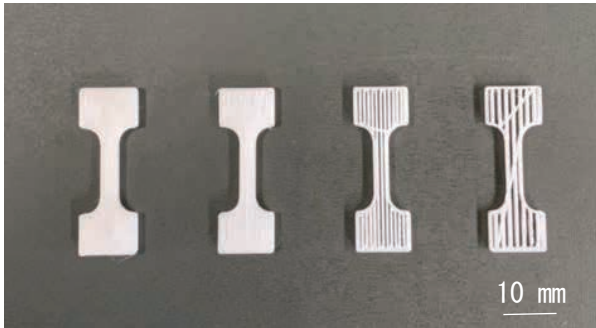


図3. 試験片の外観写真. 充填率は左から100, 80, 50, 30%.

### (3) 浸漬試験

試験片と生理食塩水(0.9% NaCl) 8.0 ml を小型のスティロールケースに入れて(図4)、37°Cに設定した恒温器に入れた。浸漬期間は14, 30, 45, 60, 75, 90日とした。



図4. 浸漬の様子

## 4. 研究成果

図5に異なる充填率で作製した試験片の浸漬に伴う最大引張応力の比較を示す。図5より、浸漬0日において充填率100%と80%は概ね同じ最大引張応力を示した。浸漬を伴わない場合には、充填率80%で作製することによって軽量でも同強度を持つ構造物を作製できる。一

方、浸漬期間増加に伴う最大引張応力の低減は充填率80%の方が大きかった。また、充填率80%の試験片の最大引張応力は、浸漬90日において顕著に低下した。充填率50%および30%の試験片は、90日の浸漬期間の間に最大引張応力はほとんど変化しなかった。

ヤング率は、浸漬期間の増加に伴って上昇することも下降することもあった。充填率80%は45-60日の間に大きく低下した。充填率100, 50, 30%では経過日数30-60日の間に一時的に上昇した。

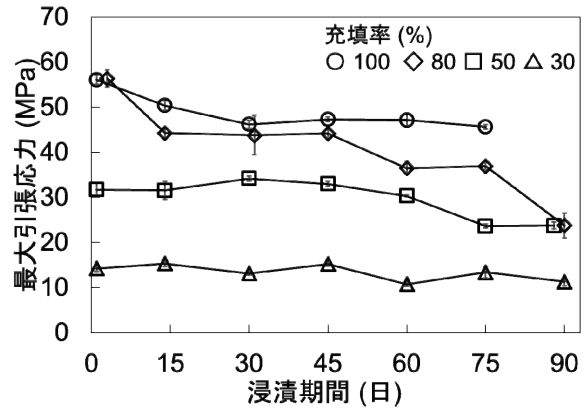


図5. 異なる4種類の充填率における最大引張応力の浸漬期間依存性

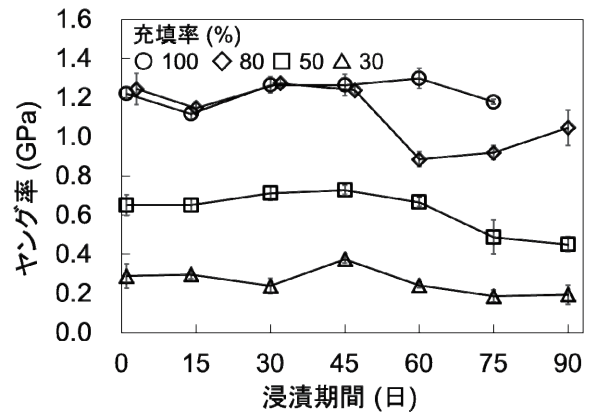


図6. 異なる4種類の充填率におけるヤング率の浸漬期間依存性

## 5. まとめ

本研究では、3Dプリンターによって作製した低充填率の構造物の浸漬に伴う強度特性の変化を評価するため、充填率を変えて引張試験片を作製して引張試験を行った。本研究を通じて得られた結果は、生分解性樹脂を用いて医療器具や環境用途の製品を作製する際に役立つと期待される。