

紫外線 C 波による植物由来プラスチックの劣化と超音波による評価

日大生産工(院) ○市川 颯弥 日大生産工(院) 鈴木 歩 日大生産工 酒井 哲也

1. 緒言

現在、環境問題、海洋プラスチック問題によるプラスチックの使用の削減、規制などにより合成プラスチックの代替品である生分解性プラスチックが注目されています。特に工業生産が確立しつつあるポリ乳酸(PLA: poly lactic acid)の利用が注目されている。

PLAは一般的な石油由来のプラスチックとは異なり、水分がある環境下であれば分解する素材である。この性質によりフィルム産業や医療用品に使用されるようになってきている。現在、新型コロナウイルスを無害化するために紫外線C波(UV-C)を使用した装置が開発されている。しかし、この紫外線はウイルスだけでなく様々な物質を劣化させることも報告されている。今後PLAが様々な環境で使われることが想定されるが、耐久性に関する十分な情報は得られていない。そこで本研究ではPLAのUV-Cによる劣化を検討するとともに、超音波により評価することも検討した。

2. 実験方法

2.1 試験材料及び試験片

試験片は3D プリンター(ダヴィンチ Jr. Pro+, XYZ プリンティング社製)を用いて、試験材料として植物由来の6色 (Blue, Yellow, Natural, White, Clear green, Clear red) のPLA フィラメント、黒色に関しては Tough PLA フィラメント (XYZ プリンティング社製) を使用し、140×20×2mm で印刷(作製)をし、バンドソーを用いて60×20×2mm に切断したものを試験片とした。

2.2 実験方法

試験片を出力6W 波長253.7nm の紫外線蛍光灯(フィリップス TUV6) を装着した、殺菌燈式電気消毒器(UV-180 日販工業社製) 内に入れ照射試験を行った。

2.3 評価方法

照射時間50時間、150時間、250時間毎に質量、厚さ、幅を測定し、目視により外観観察を行った。また、その時の質量より質量変化率を次式により求めた。

$$Mc = \frac{M - M_0}{M_0} \times 100 \dots (1)$$

超音波装置は Square 波(Model5077PR, オ

リンパス NDT 株式会社製)の超音波送受信機を用いた。測定は試験片平面部にジェルを付け、5MHzの探触子(α シリーズ, オリンパス NDT 株式会社製)を密着させて行う超音波パルスエコー法による測定を行い試験片の音速を次式により求めた。

$$C = \frac{2d_0}{t_2 - t_1} \dots (2)$$

ここで、 d_0 :試験片厚さ、 t_1 :第一底面エコー時間、 t_2 :第二底面エコー時間である。測定は紫外線照射面及び非照射面それぞれを測定した。

超音波測定後、各試験片について三点曲げ試験を行い、曲げ強さ σ を次式で求めた。

$$\sigma = \frac{3Pl}{2bh^2} \dots (3)$$

P :最大荷重、 l :スパン間隔、 b :試験片の幅、 h :厚さとする。なお、この曲げ試験は負荷荷重方向に対し、照射面が逆になるように配置し行った。

紫外線の劣化は未照射の試験片の各値を基準として比較検討を行った。

3. 実験結果

試験片の外観写真をFig.1(Natural, Clear red, Blueのみ)に示す。Blue、Tough black、Yellowの照射面は若干の光沢が出るもののあまり変化は見られなかったが、表面が熔解し粘着質の物質が存在した。Clear green、Natural及びWhiteは照射とともに照射面に光沢が出て、粘着質の物質に変化するが、Natural及びWhiteは黄色化することが特徴として挙げられる。特に、Clear redは同様に光沢と粘着性の物質が発生する。また短時間で顕著に生じ、さらに、気泡の発生も確認された。

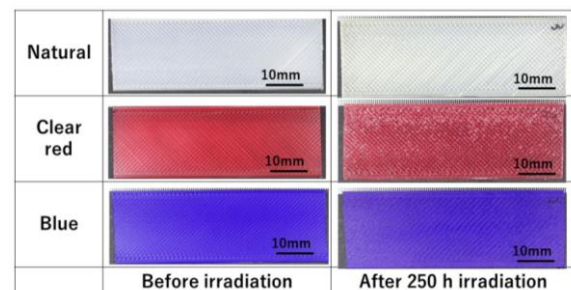


Fig.1 UV-Cに照射されたPLAの外観写真

UV Degradation of Plastic and Evaluation by Ultrasonic Technic

Soya ICHIKAWA, Ayumu SUZUKI and Tetsuya SAKAI

Fig.2は本実験で使用したPLAの質量変化を示す。全体的に照射とともに質量は低下した。250時間でClear green、Naturalは約1%質量が低下し、Yellow、 Tough blackは約0.5%の低下であったが、 Clear redは他の色に比べ特に顕著で、約250時間では約2%減少した。したがってClear green、Natural、Clear redはUV-Cによる劣化が顕著であった。対してBlueの質量減少率は250時間で0.25%の減少しかしておらず、この実験時間では、あまりUV-Cの影響は受けていないものと考えられる。

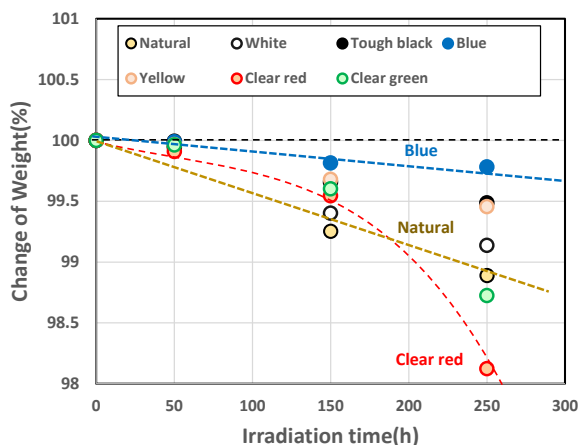


Fig.2 UV-C を照射した PLA の質量変化

Fig.3は試験片の曲げ強さの保持率を示す。全体的に時間とともに曲げ強さが低下している。250時間でClear redは約70%、Tough black、Whiteは約20%、Clear green、Yellow、Naturalは約10%、Blueは約5%低下している。したがって透明性の高いもの、かつ赤色の強度低下が顕著であったことから、UV-Cによる劣

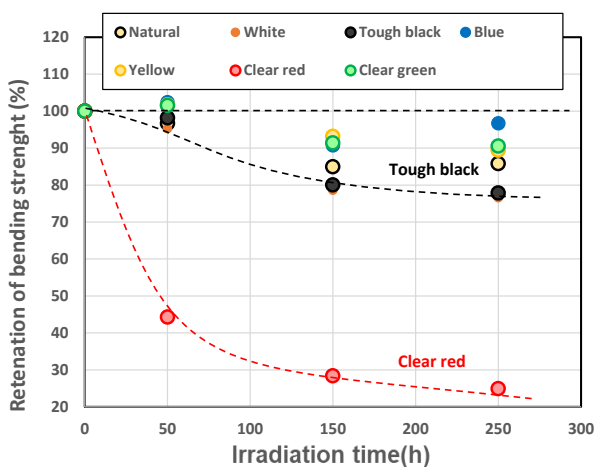


Fig.3 UV-C を照射した PLA の曲げ強さの変化

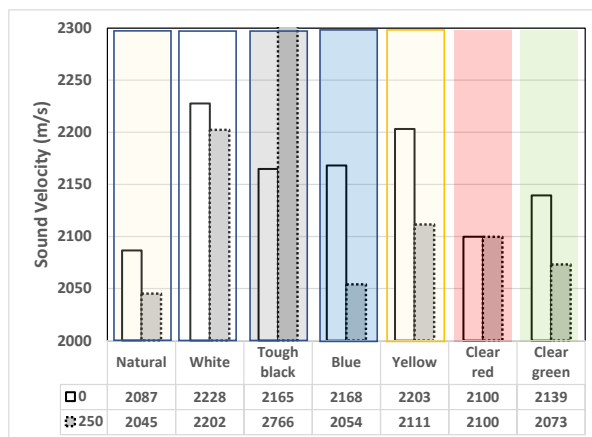


Fig.4 UV-C を照射した PLA の超音波音速の変化

化で強度が低下し、試験片自体の色が大きく影響するものと考えられる。

Fig.4はUV-Cを照射したPLAの超音波音速の変化を示す。まず、未照射のPLAの音速は最小のNaturalの2087m/sと最大のWhiteの2228m/sと200m/sの差があることが確認された。これは、着色料の添加によるものと考えられる。250時間照射後の超音波音速はTough black及びClear redを除き、未照射前の音速に比べて低下している。対して、Tough blackは照射により600m/sも上昇している。これは、紫外線により脆くなり結果として弾性率が上昇したためと推察される。Clear redについては粘着性の物質の発生が顕著であり、これがこの測定に影響を与えているものと考えられるが、今後さらなる検討が必要である。

4. 結言

生分解性プラスチックであるポリ乳酸

(PLA)はUV-Cにより劣化を生じ、その挙動は色によって異なった。さらに超音波による劣化評価を行った結果、音速により評価できる可能性が示唆されたが、今回の研究では明確な判断には至らなかったため、今後さらなる検討が必要である。

<参考文献>

- 1) 望月政嗣、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・ディー・エス,(2019),p.13
- 2) 一般社団法人日本非破壊検査協会,非破壊検査とは
<http://www.jsndi.jp/aboutus/aboutus02.html>
(参照2021-10-14)
- 3) 大島一史 バイオマス・プラスチックの実用化に向けて—現状と課題—,日本食生活学会誌(2007),p.3-14