

酢酸セルロースの有機太陽電池透明基板への応用

日大生産工(院) ○田中 洋親
日大生産工 木村 悠二

1. 緒言

地球環境への負荷が深刻化する中、石油由来プラスチックの代替材料として、酢酸セルロースが注目を集めている。安価で入手しやすく再生可能な植物資源であるセルロースを原料とし、酢酸でエステル化することで作られ、環境負荷低減に大きく貢献できる。このような特性から、酢酸セルロースは、包装材、繊維およびフィルムなど、幅広い分野での活用が期待されている。

酢酸セルロースフィルムの応用として、その高い柔軟性と透過率を活かし有機太陽電池(OPV)の透明基板への応用を目指している。一般的に、OPVの発電は、透明基板側から太陽光が入射し、その光を用いて発電を行う。従来の透明基板にはガラスやPETフィルムなどの石油由来のプラスチックフィルムが使用されているが、ガラスの製造には大量のエネルギーを消費し温室効果ガスを排出することが報告されている¹⁾。

また、石油由来のプラスチックフィルムは石油資源の枯渇や、環境中で分解されにくくマイクロプラスチック問題を引き起こす可能性がある²⁾。そこで、酢酸セルロースフィルムをOPVの透明基板に適用することで、これらの問題を解決し、OPVの持続可能性を高めることができる。さらに、使用済み透明基板を回収し、リサイクルすることで資源循環が可能なOPVを目指す。そこで、本研究では、酢酸セルロースフィルムのOPV透明基板への応用とリサイクル特性を評価した。

2. 実験方法

酢酸セルロースをアセトンに溶解させ、ガラスシャーレ上にキャストし、湿度75%のボックス内でフィルムを乾燥させた後、酢酸セ

ルロースフィルムを得た(Fig. 1)。また、作製した酢酸セルロースフィルムを再度アセトンに溶解させ、再び酢酸セルロースフィルムを

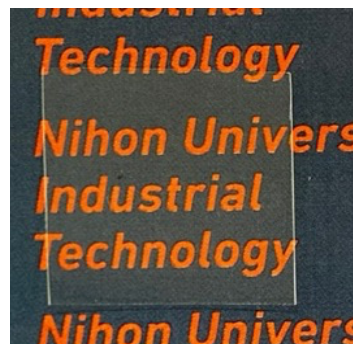


Figure 1 Fabricated cellulose acetate film

作製した。この操作を3回繰り返し、リサイクル特性を評価した。作製した酢酸セルロースフィルムの光学特性は、紫外可視分光光度計を用いて透過率を測定した。表面形状は、原子間力顕微鏡を用いて観察し、表面粗さを評価した。

3. 結果および考察

作製した酢酸セルロースフィルムの膜厚は120 μm 、引張強度は320 MPaであった。

Table 1 Comparison with conventional petroleum-based plastics

	Tensile stress (MPa)
Cellulose Acetate	320
Polypropylene	60-65 ³⁾
Polyethylene terephthalate	200-240 ³⁾
Polyvinyl	42-52 ⁴⁾

表1より、従来の石油由来プラスチックと比較すると機械的特性において酢酸セルロースフィルムが優れていることがわかった。また、酢酸セルロースフィルムを高湿度(75%)で作製すると二乗平均平方根粗さ(Rq)が14.9 nmであり、報告されているPETフィルム(Rq=20 nm)と比較すると小さい値となった⁵⁾。これは、成形条件が高湿度(75%)である場合、溶媒であるアセトンの揮発速度が遅くなることで、平滑なフィルムを得ることができたと考える。

さらに、水に対する接触角と含水率を評価した。接触角は86°であり、報告されているPETフィルム(78.9°)と比較すると高い接触角となった⁹⁾(Fig. 2)。また含水率は、20 mm角で切り出した酢酸セルロースフィルムを浸水させ、式(1)で算出した。ここで、水の質量を W_w 、酢酸セルロースフィルムの質量を W_s とする。

$$\text{含水率 [\%]} = \frac{W_w[\text{g}]}{W_s[\text{g}] + W_w[\text{g}]} \times 100 \quad \dots (1)$$

24時間での含水率は、0.02%となり、96時間までの含水率を算出したが、いずれの値も0%に近い値となった。このことから、作製したフィルムは、耐水性をもつことを示した。

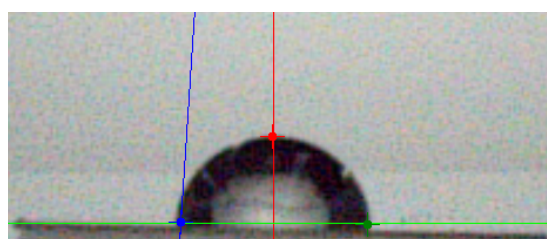


Figure 2 Contact angle of cellulose acetate film

次に、酢酸セルロースフィルムの耐熱性(100-200°C)を評価したところ、100°Cで10分間アニールすることで、フィルムの透過率が上昇した(Fig. 3)。

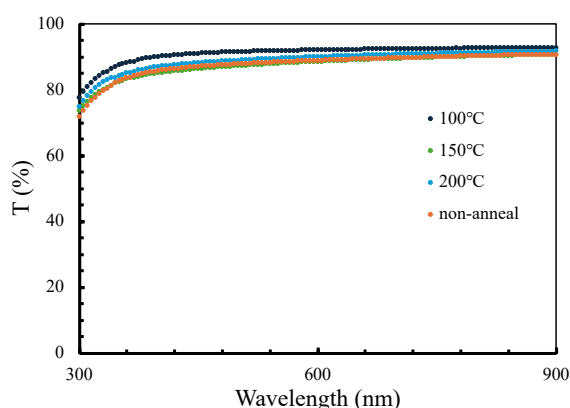


Figure 3 Transmittance change before and after annealing

これは、酢酸セルロースの分子配列が整うことで、光の散乱が抑えられ透過率が上昇したと考えられる。また、150°Cと200°Cでは透過率の上昇は見られなかった。これは、酢酸セルロースが凝集し、透過率が低下したと考えられる。

さらに、作製直後の酢酸セルロースフィルム(1st)、リサイクル1回目(2nd)、リサイクル2回目(3rd)、リサイクル3回目(4th)とし、リサ

イクルの際の酢酸セルロースフィルムの透過率を測定した。膜厚が75 μmのPETフィルムの透過率は、可視光領域(380-900 nm)で約85%程度であった。一方、リサイクルした酢酸セルロースフィルムは、いずれも可視光領域で約90%の透過率を示した(Fig. 4)。これは、3回程度の繰り返しであれば透明性が失われないことを示した。

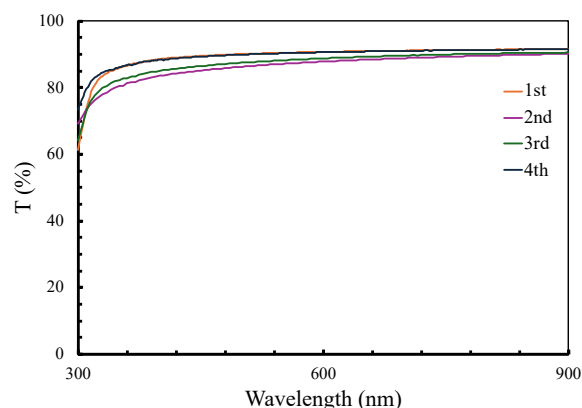


Figure 4 Transmittance of recycled cellulose acetate film

4. 結言

作製した酢酸セルロースフィルムは、PETフィルムと比較して、高い強度と高い透過率また、表面粗さが小さいことがわかった。さらに、含水率と水に対する接触角の結果から、耐水性ももつことを示した。このことから、自然環境中では、水が原因で容易に分解することはないと考える。また、3回程度のリサイクルでは、透過率の変化はなく光学的性質には影響がないと考えられる。今後は、リサイクル前後の酢酸セルロースフィルム上にデバイスを作製し、太陽電池の素子特性を評価し、資源循環が可能なOPVの作製を目指す。

参考文献

- 1) M. Zier *et al.*, *Energ Convers Man-X.*, 2021, **10**, 100083
- 2) L. Bugoni *et al.*, *Mar. Pollut. Bull.*, 2001, **42**, 12, 1330-1334
- 3) 三洋グラビア株式会社
- 4) 株式会社 KDA
- 5) G. Poletti *et al.*, *Appl. Surf. Sci.*, 2003, **219**, 311-316
- 6) Maie A. Fadel *et al.*, *Prog Biomater.*, 2020, **9**, 97-106