

## 天然資源を活用したフィルム材料の開発

日大生産工(院) ○小板橋 優作 日大生産工 木村 悠二

### 1. 諸言

石油由来のプラスチックは、その機能や汎用性の高さから私たちの日常に多大な利益をもたらしているが、海洋汚染や化石燃料の枯渇問題を引き起こす原因となっている。プラスチックゴミとして排出される大半は包装フィルムや容器であるため、これらの代替材料を開発することで地球環境問題の解決につなげることができる。

本研究では、石油由来の包装フィルムの代替品となるバイオプラスチックの開発を目指した。現状のバイオプラスチックは、コストと機械的強度において石油由来の包装フィルムに劣っているため、安価なデンプンと天然由来ポリマーを組み合わせることで、これらの問題を解決できると考えた。さらに、環境配慮型の材料として様々な物性をもったフィルム材料の作製を目指した。

### 2. 実験

#### 2.1 デンプン・CNFフィルムの作製

デンプンを純水に入れ、約70°Cで完全に溶解するまで加熱攪拌し、10 wt%のデンプン溶液を調製した。また、粘土鉱物(デンプンに対して、5 wt%)を純水に加えて攪拌し、粘土鉱物分散液を調製した。さらに、CNF(デンプンに対して10~30 wt%)を純水に加えて攪拌し、ポリマー溶液を調製した。調製したデンプン溶液、粘土鉱物分散液およびポリマー溶液を混合し、混合溶液を調製した。この混合溶液を真空脱泡後、直径100 mmのテフロン製シャーレに25 g分取り、45°Cの乾燥機で24時間乾燥させ、フィルム材料を作製した。

#### 2.2 デンプン・CNF・PEGフィルムの作製

2.1で添加したポリマーをCNF(デンプンに対して10~30 wt%)とPEG(デンプンに対して30 wt%)に変更して、ポリマー溶液を調製した。このポリマー溶液を使用してフィルム材料を作製した。

#### 2.3 フィルム材料の物性評価

引張試験は、レオメーターCR-500DXを使用した。測定速度は10 mm/minに設定し、測定試料を湿度50%のデシケーター内に24時間保管した後、歪み、応力および硬度を測定した。透過率は、UV-vis分光光度計で測定した。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 TEMPO酸化CNF

TEMPO酸化CNFの特徴を表した図をFig. 1に示す<sup>1)2)</sup>。

一般的なCNF(セルロースナノファイバー)は、繊維状のCNFがお互いに水素結合によって結合している。その影響で太さは、数nm~数百nmである。このようなCNFをTEMPO酸化させることによって、カルボキシル基が導入され、CNF同士が電荷反発を引き起こし、CNFは3~4nmとなる。TEMPO酸化により、微細化したCNFは分散性が向上する。本研究では、分散性の向上が確認されているTEMPO酸化CNFを使用することで、応力、硬度および透過率が高いフィルム作製が可能だと考えた。

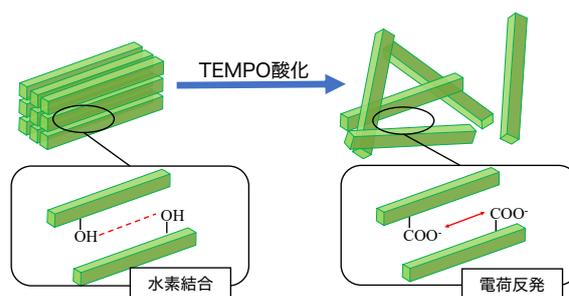


Fig. 1 Tempo Oxidized Cellulose.

#### 3.2 デンプン・CNFフィルムの物性

2.1の方法で、作製したフィルム材料の歪み、応力、硬度および透過率をFig. 2, フィルム材料の写真をFig. 3に示す。

Fig. 2とFig. 3より、応力と硬度は増加し、歪みはわずかに増加した。これは、デンプン分子と繊維状のCNFの絡まり合いが強固になることによって応力と硬度が増加していると考えられる。また、全ての濃度において透過率が高いフィルム材料の作製に成功した。これは、分散性が高いTEMPO酸化CNFを使用しているため、透過率が高い値になったと考えられる。CNF添加量増加に伴い、透過率が減少した理由は、CNFの絡まり合いがより密になったことで、透過率が減少したと考えられる。

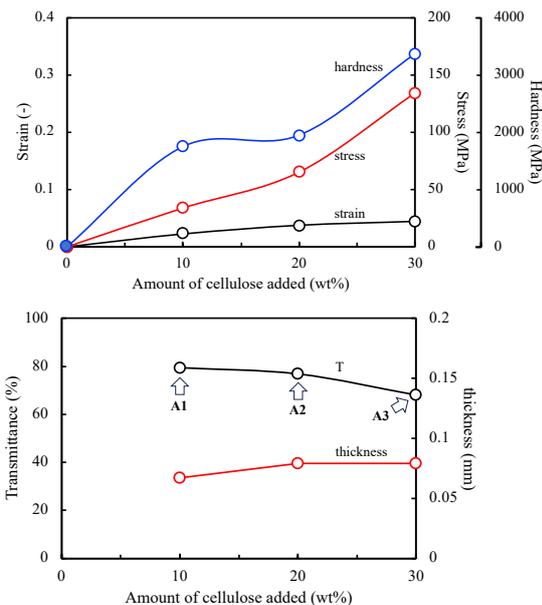


Fig. 2 Mechanical strength and transmittance with the amount of cellulose added.

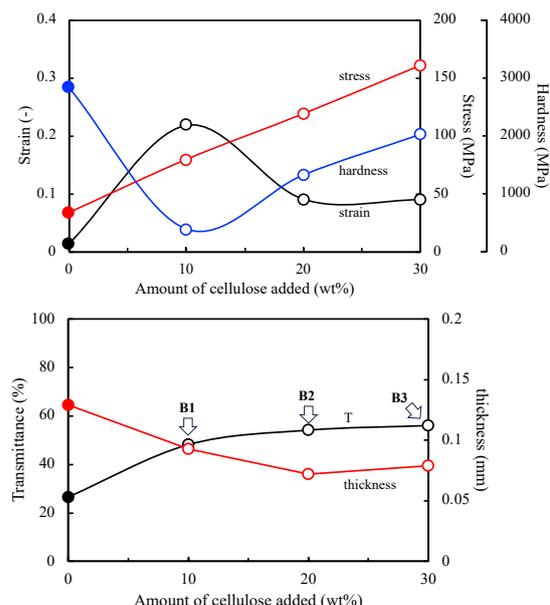


Fig. 4 Mechanical strength and transmittance with the amount of cellulose added.

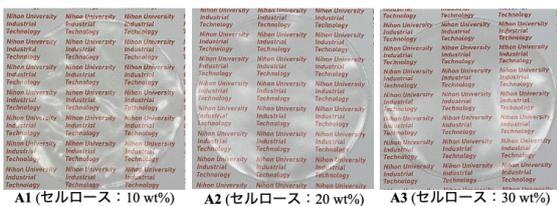


Fig. 3 Fabricated cellulose film materials.



Fig. 5 Fabricated cellulose-PEG film materials.

### 3.2 デンプン・CNF・PEGフィルムの物性

2.2の方法で、作製したフィルム材料の歪み、応力、硬度および透過率をFig. 4、フィルム材料の写真をFig. 5に示す。

Fig. 4とFig. 5より、歪みは増加後減少、応力は増加、硬度は減少後増加した。3.1と同様にCNFの添加量を増加すると、デンプン分子と繊維状のCNFの絡まり合いが強固になることで、応力が増加していると考えられる。また、透過率の値は、わずかに上昇している。これは、CNFとPEGの割合において、CNFが多いと透過率は上昇し、PEGが多いと透過率は減少することを示している。よって、CNFの分散性の高さがフィルム材料の透過率を増加させる影響があると考えられる。

30 wt%のCNF添加量時の3.1と3.2を比較すると、応力の値はほぼ同じであるが、3.2の方が硬度は低下した。これは、PEGがフィルム材料内でソフトセグメントのような役割を果たしていると考えられる。この結果から、PEGを添加することで、柔軟性をもつフィルム材料を作製することが可能である。

### 4. 結論

添加するポリマーの種類や量を変化させることで、フィルム材料の物性を任意の歪み、応力および硬度にすることができ、現在問題となっている石油由来の包装フィルムの代替材料を作製することが可能であると考えられる。また、非常に高い透明性をもつフィルム材料であるため、幅広い用途で使用できる。しかし、本研究で作製したフィルム材料は、耐水性がないことが判明したため、実用化するには、耐水性を付与する必要がある。

### 参考文献

- 1) 広栄化学株式会社, TEMPO酸化, <https://www.koeichem.com/custom/seimitu/tempo.html>, (参照 2023-10-05)
- 2) T. Saito, Y. Nishiyama, J.-L. Putaux, M. Vignonn, A. Isogai, "Biomacromolecules", 7, 6, (2006), p.1687-1691.