# 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℃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 し、45℃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3~4 nm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。

Development of film materials using natural resources

# Yusaku KOITABASHI and Yuji KIMURA



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



Fig. 3 Fabricated cellulose 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。



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

		ter manage		Las with the h	rechnology	12.1	Industrial	Inductivial	Industrial	
Nihon University Industrial	Nithon University	Nihon University	Nihon University	Jetton University	Nillian University	1	Technology	Technology	Technology	
Technology	Technology	Technology	Technology	Technology	Technology	41	Nihon University	Nihon University	Nibon University	
Nihon University	Nihon University	Nihon University	Nihon University	Nihon University	Nihon University		Technology	Technology	Technology	
Technology	Technology	Technology	Technology	Technology	Industrial	21	Nibon University	Nibon University	Nilton University	
Nihon University	Nibon University	Nihon University	Nihon University	Nihon University	Nihon University	88	Technology	Technology	Technology	
Technology	Technology	Technology	Technology	Industrial Technology	Industrial	23	Nihon University	Nihon University	Nibon University	
Nihon University	Nihon University	Nihon University	Nihon University	Nihon University	Nihon University	68	Technology	Technology	Technology	
Technology	Technology	Technology	Industrial Technology	Industrial Technology	Industrial	88	Nibon University	Nihon University	Nihon University	
Rihon University	Nilhon University	Nihon University	Nihon University	Nihon University	Nihon University	08	Technology	Technology	Technology	
Technology	Technology	Technology	Impostrial	Industrial	Industrial	61	Wihon University	Nihon University	Nibon University	
Niho, University	Nihan University	Nihon University	Nihon University	Nihan University	Nihon University	15	Industrial Technology	Industrial Technology	Industrial Technology	
Technology *	Industrial Technology	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial	81	Nibon University	Nibon University	Nibon University	
Nihon University	Nihon University	Mileo University	Nihon University	Nibon University	Terris off	11	ndustria.	Industrial	Industrial	
Industrial	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial	88	Whon University	Albon University	Nibon Holyerrity	
	(recipercy)	recoveryy	Technology	Technology	Technology		ad and at at	And all the	1	1
B1 (セルロース:10 wt%) B2 (セルロース:20 wt%) B3 (セルロース:30 wt								30 wt%)		

Fig. 5 Fabricated cellulose-PEG film materials.

## 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

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