

# 繊維強化タンパク質プラスチックの作成

## Making biodegradable plastic including protein and cellulose

### Abstract

According to the research of Rhim et al, a resinous product can be obtained by stirring soybean protein and glycerin in sodium hydroxide and drying. However, this resinous product is not strong and lacks water resistance, so it has not been put to practical use. Our group was inspired by fiber-reinforced plastics and succeeded in greatly improving the strength by adding cellulose.

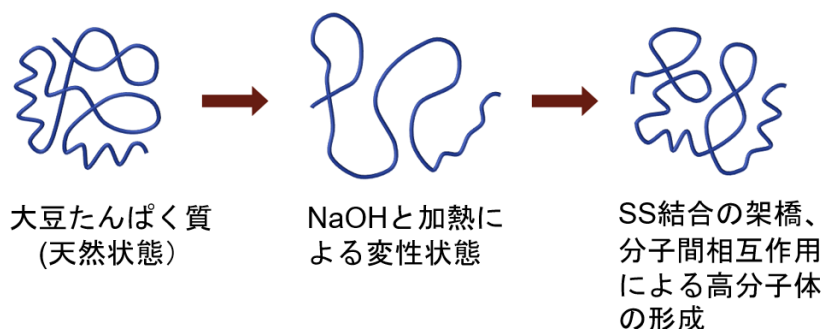
### 1. はじめに

#### (1) 動機

昨今、海洋プラスチックの問題が世界中で露呈している。プラスチックは特性上分解されないため廃棄されたプラスチックはその場に溜まり続ける。50年後には海の魚の総重量を海洋プラスチックの総重量が上回るという試算も出ている。そのような問題に危機感を持った私達は廃棄しても自然に分解される生分解性の素材に興味を持ち、研究テーマとして設定した。

#### (2) 概要

Rhim らの研究によると、大豆タンパク質に可塑剤であるグリセリンを加え、水酸化ナトリウム水溶液内で攪拌し、乾燥することによりわずかに黄色みがかった透明な樹脂を得ることができる。フィルム形成のメカニズムとしては、「アルカリ処理と加熱がタンパク質を変性させ、内部に存在した疎水領域が外部に露出することで、分子間に疎水相互作用が働くこと」、「加熱処理によって一部のアミノ酸が持つ硫黄原子が分子間 S-S 結合(ジスルフィド結合)の架橋を形成すること」などが考えられている。(図 1) しかしこの樹脂は強度が低く、耐水性に欠けるという主に二つの欠点がある。今回は強度の向上を目的に研究に取り組んだ。



(図 1) 大豆たんぱく質プラスチック形成のメカニズム

## 2. 研究方法

タンパク質プラスチックの強度を高めるにあたって我々は繊維強化プラスチックの技術に注目した。繊維強化プラスチックとは繊維に樹脂を複合させることで強度を向上させたプラスチックのことである。軽量ながらも高い強度を誇るため飛行機や新幹線の素材としても用いられている。しかしリサイクルが難しいという欠点も存在する。今回は生分解性という長所を活かすのと手に入りやすさからセルロースの脱脂綿を繊維として用い、先行研究を基にタンパク質プラスチックと繊維強化たんぱく質プラスチックを作成し強度を比べた。各々の詳細な作成手順は以下に示す。

- ①分離ダイズタンパク質 (SPI) 2.5 g と可塑化剤であるグリセリン 1.25 g を蒸留水 50 mL に加えて 500 RPM で攪拌しながら加熱する。
- ②液温が 70 °C に到達すると NaOH により溶液の pH を 10 に合わせる。
- ③液温を 70 °C に保ちながら、20 分間 500 RPM で攪拌し続ける。
- ④溶液を 8 層の寒冷紗 (薄地の綿布) でこし、「だま」を取り除く。
- ⑤型に流し込んで成型し(繊維強化プラスチック作成時は型と同面積、1~0.5 g の脱脂綿を加え)、室温下で乾燥させる。

### (1) 強度測定実験

強度の測定方法としては、試料におもりを吊るす擬似的な引張強度実験を行い、生じる応力  $\sigma$  [N/m] と時間[s]を掛け合わせた力積[ $\text{Pas}$ ]で比較した。

※応力:「物体に外力が加わる際、その物体内部に生ずる抵抗力」(大辞林)。強度の議論でしばしば用いられる。応力  $\sigma$  [N/m] = 加えた外力(N) ÷ 断面積( $\text{m}^2$ )で算出する。

### (2) 薬品耐性実験

試料を蒸留水、1mol/L の塩酸、水酸化ナトリウム水溶液に室温下一時間浸し、様子を目視で観察する。

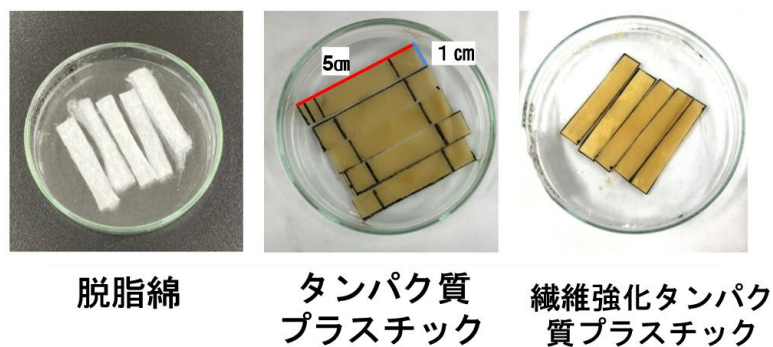
## 3. 研究結果

シャーレとの分離が困難だったのと、完全に乾燥させるために⑤後、加熱処理(100 度、約 20 分)を行った。



(図 2) 作成した試料の写真

(1) 強度測定実験の結果



(図 3) 測定した試料の写真

図 3 のように試料を 1cm×5cm 角に裁断し強度測定装置に吊るした。はさみの重さは約 230g で 30 秒ごとに 60g (20g×3) のおもりを吊るしていった。

①セルロース（脱脂綿）の強度

	①	②	③	④	⑤	平均
力積 (Pa/s)	8400	4180	2205	7194	9696	6335

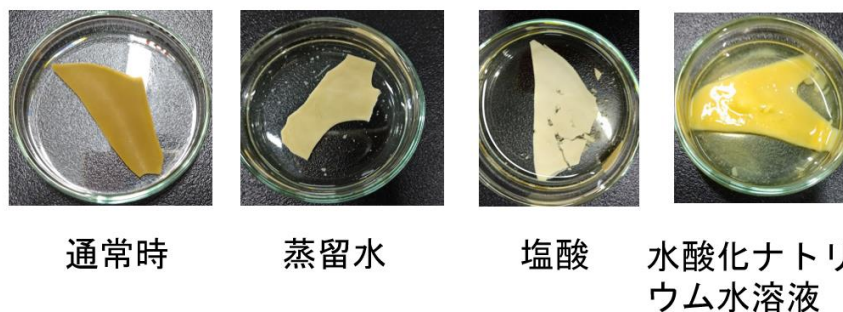
②タンパク質プラスチックの強度

	①	②	③	④	⑤	平均
力積 (Pa/s)	405	780	675	1134	405	679.8

③セルロース複合プラスチックの強度

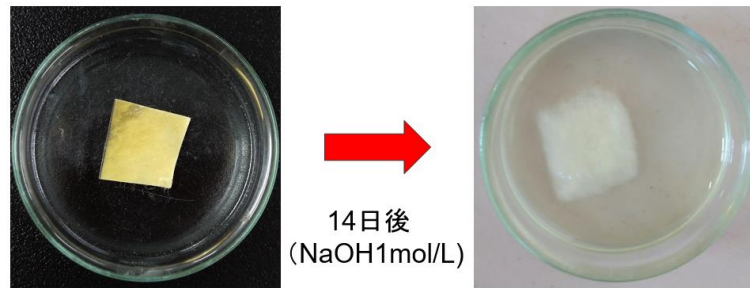
強度が高いことと、表面の摩擦が小さかったため、測定装置での測定が不可能だった。しかし脱脂綿とタンパク質プラスチックは手で容易に開裂できたのに対し、繊維強化タンパク質プラスチックは自身の力ではどれだけ強く引っ張っても開裂できなかった。このことから繊維強化プラスチックの強度は、脱脂綿やタンパク質プラスチックに比べ、強度が格段と向上したといえる。

(2) 薬品耐性実験の結果



(図 4) 薬品耐性実験の結果

図 4 のように水酸化ナトリウム水溶液内では膨潤が見られた(蒸留水、塩酸内では見られなかった。)。これはタンパク質鎖間の水素結合が分解されたためと考えられる。この性質を利用しセルロースとタンパク質の分離が容易に行えた。(図 5)



(図 5) NaOH を添加して二週間後の様子

#### 4. 考察

##### (1) 強度測定実験の考察

セルロース繊維複合プラスチックは、従来のたんぱく質プラスチックに比べ強度が大幅に向上した。セルロースは単鎖状の糖であり、セルロース鎖間は水素結合で非常に安定した物質であり、タンパク質と化学的結合したとは考えにくい。そのため、強度が高まったメカニズムとしては、一般の繊維複合プラスチックと同様に、変性し直鎖状になったタンパク質にセルロース繊維が絡まりあったからだと考えられる。

##### (2) 薬品耐性実験の考察

従来の繊維強化プラスチックと異なり、水酸化ナトリウムさえあれば繊維との分離を容易に行うことができた。繊維強化タンパク質プラスチックにはリサイクルの点において優位性があるといえる。

#### 5. 今後の課題

本研究により、従来のタンパク質プラスチックにセルロースを付与することで強度を大幅に向上することができた。ただし、依然として課題が残っている。一つは耐水性が欠けることである。これは加熱処理やホルムアルデヒド吸収させることで、架橋が導入されることで改善されることが知られている。において優位性があるといえる。2つ目はセルロースを付与したことにより透明性が失われたことである。これはセルロース繊維を微細化するなどの解決策が考えられる。

#### 6. 参考文献

タンパク質性プラスチックの最近の動向 永井宏平, 井上國世, 京都大学大学院農学研究科

セルロースとキトサンの複合化による生分解性プラスチックの開発 西山昌史

J. W. Rhim, A. Gennadios, A. Handa, C. L. Weller&M. A. Hanna: J. Agric. Food Chem., 48, 4937 (2000. 2) J. H. Briston;"