

# 規格外野菜のセルロース繊維を用いた生分解性の折り紙の作成

## Creating Biodegradable Origami-Paper with Cellulose Fiber Extracted from Common Vegetables

市川高等学校 2年3組 栗本朱莉

**Abstract:** Recently, food waste problems are becoming a serious issue due to the disposal of deformed vegetables or inedible skins, which makes up approximately 250 tons per year. As a result, vegetables with fewer starch grains are suitable as materials of Origami-paper because they prevent fibers from combining. Furthermore, CF easily decomposes by fermentation accelerator compared to normal vegetables in temperatures in the range of 4°C~40°C.

**Keywords:** Cellulose Fiber, Biodegradability, Environmental Burden, Food Waste

### 1. 研究背景

一昨年フィジーにボランティア留学した際、子どもたちに折り紙を紹介した。想像以上に興味を示してくれたが、遊び終わった後大量に床に散らばった折り紙の残骸を目の当たりにした。日本の大切な文化である折り紙が使用後はただのゴミになってしまうことに憤りを感じた。一方、先進国ではフードロス問題の深刻化が懸念されている。特に規格外野菜の日本国内年間廃棄量は約 250 万トン、総生産量の約 20%(農林水産省, 2018)であり、持続可能な社会の実現を目指すにあたり、こうした大量の食品廃棄は大きな課題といえる。

そこで、廃棄される野菜などを用いて折り紙を作ることはできないか検討した。通常廃棄されてしまう葉物野菜の食べられない外葉や、規格外野菜を活用することで環境負荷を軽減し、天然素材のみで折り紙を作成することで生分解性を高め、ただの紙ゴミを肥料に変えたいと考えた。

### 2. 研究目的・意義

通常、木材を粉砕したパルプ繊維からセルロースを取り出し、増粘剤等で繊維同士を絡ませることで紙を製造する。先行研究において、木材と同様にセルロースを主成分とする細胞壁を持つ野菜を用いた紙の製造が行われている(株式会社ヴァカボ, 2015)。しかし、太さ 20~30  $\mu\text{m}$  のセルロースは繊維同士が強く絡まず、強度が弱いために折り紙としての実用性は低かった。そこで、折り紙の素材としてセルロースナノファイバー(以下 CNF)の性質に着目した。CNF は低コストで高強度な繊維を作ることができると、ビジネス業界で期待されており今後発展性の高い材料である(近岡, 2018)。3~4  $\mu\text{m}$  の微小な CNF の繊維同士が多点で結合して強度を高める性質は、増粘剤等の化学添加物を使用しない折り紙の作成を目的とした本研究には最適だと考えた。本研究では、繊維の原料において規格外野菜や不可食部など廃棄野菜の使用を想定し、日本文化である折り紙の作成を通して環境負荷の低減、また野菜ならではの鮮やかな天然色素の活用を目的としている。

### 3. 研究方法

#### 1. 種々の野菜折り紙を製造

細胞壁を持つ様々な身近な野菜より、折り紙を作成した。

用いた野菜は、ニンジン、カボチャ、グリーンピース、モロヘイヤ、レンコンの 5 種。

- ①: ミキサーに茹でた野菜と水を入れ、それぞれ 3 時間程攪拌した。
- ②: 攪拌した野菜の構造を光学顕微鏡で観察した。
- ③: 自家製濾過装置に①の液体を流し込み、ビーカーに溜まった液体を焦がさないようかき混ぜながら、とろみが出るまで煮詰めた(Fig. 1)。
- ④: 厚みのあるテープで枠を作った型に防水スプレーを吹きかけ、煮詰めた液を流し込んだ。また濾過せずに残った上澄み液も同様に型に流し込んだ。
- ⑤: 40°C の恒温機に入れ、乾燥後放冷し、十分に冷えたら型から紙を剥がし完成。



Fig.1 煮詰めたニンジン液

#### 2. 野菜折り紙の生分解性を検証

生分解性を検証は、折り紙にしたときに最も強度が高かったニンジン折り紙で測定した。色鮮やかな橙赤の着色もあり、生分解の判定も容易であった。ポリ容器の中に市販の発酵促進剤 50.0g、水 30.0g を混ぜ入れた簡易コンポスト(Fig. 2)を作成し、同面積(2cm×2cm)に切ったニンジン折り紙で以下の実験を行った。

- ①: 同形状に切ったニンジンと、作成したニンジン折り紙を同じコンポストに入れ、25°C の温度環境で経過観察を行った。
- ②: 2 枚のニンジン折り紙をコンポストと空容器にそれぞれ入れ、25°C の温度環境で経過観察を行った。
- ③: 温度環境下が異なる条件下(恒温機(40°C)、冷蔵庫(4°C)、冷凍庫(-15°C))で経過観察を行った。



Fig.2 簡易コンポスト

## 4. 結果・考察

### 1. 種々の野菜折り紙を製造

Table 1 野菜の種類と紙生成の関係

紙の材料	ニンジン	カボチャ	グリーンピース	モロヘイヤ	レンコン
濾過した液体	◎	液体抽出不可	×	×	△
上澄の液体	○	△*1	×	○*2	○

◎…強く曲げても破損しなかった○…曲げても破損しなかった△…曲げると破損した×…紙の形成不可

\*の結果は野菜自身の特性によるものである

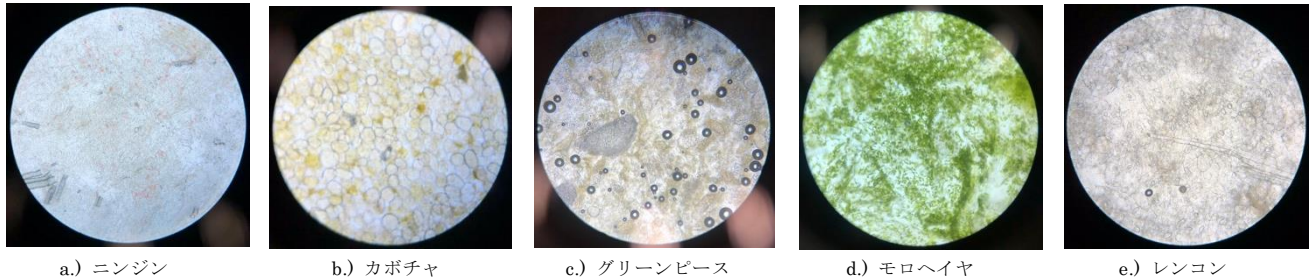


Fig.3 各野菜の顕微鏡写真 (倍率 100 倍)

光学顕微鏡での観察より, (a)ニンジンは多数の繊維が絡まり合っている。一方, (b)カボチャは澱粉粒が面積の大部分を占めている。両試料(a), (b)の食物繊維含有量の差は可食部 100g あたり僅か 0.1g であるが, 生成した紙の強度が大きく異なった(a)>(b)。(a)では紙としての性質を保ちつつ「鶴」を折ることができたのに対し, (b)では, 折ろうとするとライスペーパーのようにすぐに割れてしまった\*1。(c)澱粉粒が 50%程度占めるグリーンピースにおいても, 紙の生成はできなかつた。この結果から, 紙としての強度を高める要因である繊維同士の絡み合いに関して, 澱粉粒は繊維の交わりを阻害するはたらきがあると考えられる。(d)モロヘイヤの濾過前の紙は和紙に似た質感であった\*2。(e)澱粉粒がまばらに存在するレンコンではニンジンと比べて少し強度の弱い紙ができた。

\*1 カボチャの濾過前の液体で紙を形成することができたが, 曲げると折れてしまった。また水に浸すとふやけて柔らかくなった。これらの特徴から, 澱粉粒がファンデルワールス力で結合し, シート状に形成されたと考えられる。同様に, グリーンピースも澱粉粒を含むが, その密度が低い分子間力も働きにくく, 繊維の絡み合いも阻害されてしまったので, 非常に脆いシートとなった。

\*2 モロヘイヤには他の野菜にはないムチンが存在する。このムチンが和紙を作る際に使用する増粘剤の役割を果たしたため, 紙が形成されたと考えられる。なお, 濾過後の粘性の少ない液体では紙ができなかったことから示唆される。

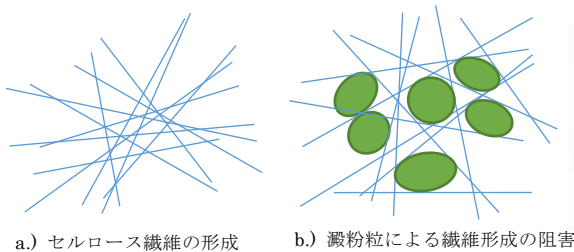


Fig.4 繊維同士の結合のイメージ図



Fig.5 作成した折り紙

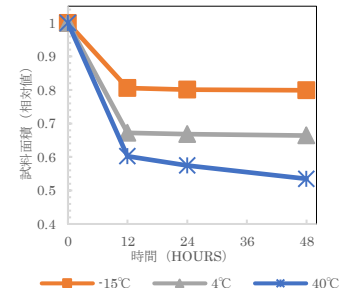


Fig.6 折り紙の分解と温度の関係

### 2. 折り紙の生分解性を検証

作成した野菜折り紙は生分解性の機能をもつことが分かった。実験 2-①より, 生分解性は野菜を攪拌し, 繊維を微小化することで高まったと考えられる。また, 実験 2-③ 結果 Fig.6 より, 発酵促進剤中の微生物は, 適切な温度条件でより活発に分解を促進させた。

## 5. 結論及び今後の展望

野菜折り紙を生成する上では, その野菜の食物繊維含有量だけではかることはできず, 最も重要なのは繊維同士の結合であった。含有する澱粉粒は繊維同士の交差を阻害し, ムチンなどの粘性のある物質は, その働きにより, 紙の形成を容易にした。今後の展望として, グリーンピースにムチンを添加した場合でも紙が生成されるか実験を行い, ムチンが紙の生成を助けることを確認したい。これが可能であれば, モロヘイヤなどのムチンを含む野菜を軸とすることで, 多くの野菜を紙にすることができるようになる。

今回の実験で作成した折り紙は生分解性であり, ゴミを肥料にすることができた。今後も研究を重ね, 廃棄野菜を原料として, 環境負担を軽減しながら日本の大切な文化を世界に発信していきたい。

### 参考文献・引用文献

- 株式会社ヴァカボ (2015) 「野菜オタクが本気で検証!野菜のあれこれ」  
[https://media.365market.jp/post\\_detail.php?post\\_no=17930](https://media.365market.jp/post_detail.php?post_no=17930)
- 近岡 裕 (2018) 「セルロースナノファイバーに企業が注目する本当の理由」  
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00026/00015/?P=3>
- 大阪大学 (2011) 産業科学研究所 「透明な紙の作り方」 2011-06-24  
<http://www.nogimasaya.com/research/>
- りけいじん (2019) 「セルロースナノファイバーその特徴と製造法と広がる用途」  
<https://tidbits.jp/cnf/>
- 大塚製薬株式会社 (1995) 「食品に含まれる食物繊維量一覧」  
<https://tech-unlimited.com/whois.html>
- 林峻輔 (2017) 「セルロースナノファイバーの化学構造の調査」  
[https://www.orphess.gifu-u.ac.jp/nenpou/nenpou/2017nenpo\\_gakusei2](https://www.orphess.gifu-u.ac.jp/nenpou/nenpou/2017nenpo_gakusei2)