

廃棄される植物から繊維を取り出す方法の探索

Extracting Fibers from Discarded Parts of Plants

小林 史佳

東京都立戸山高等学校 SSH 化学 2 年

ABSTRACT

Considering concerns about oil depletion, new non-petroleum-based materials are needed as alternatives to synthetic fibers for clothing. The objective of this research is to extract fibers for clothing from discarded parts of plants. By fermenting(retting) plants such as kudzu and Fuji(wisteria), bast fibers were successfully extracted. Yarn and fabric were also made from the fibers. However, the qualities of the fibers were not as good as those of synthetic fibers. Further research is needed to improve the fiber quality and to clarify the mechanism of the fermentation process.

Keyword : fiber, fermentation, kudzu, discarded plants, non-petroleum-based material

I. はじめに

1. 背景と目的

この研究の目的は、廃棄される植物から衣服に使える繊維を取り出すことである。

現在、多くの衣服に使われている合成繊維の原料である、石油の枯渇が懸念されている。一方で、クズやフジなどの植物が、除草などで未利用のまま廃棄されている(図 1)。また、カボチャやゴーヤといった野菜の茎なども、果実が収穫された後ほぼ利用されていない。

このような状況を踏まえて、廃棄されている植物を活用し、合成繊維の代用となる繊維を作りたいと考えた。なお本研究では、「衣服に使える」とは取り出した繊維で糸を作ることができ、その糸で布を織ることができることとする。

2. 先行研究

繊維を取り出す方法として「発酵処理」に着目し、他の植物に適用できないかと考えた。これは植物を微生物によって発酵させる方法であり、クズから靱皮繊維(図 2)を取り出す際に用いられている。

具体的には以下の二つの方法があげられる。

A.植物を煮沸せず約 2 週間発酵させる方法 (徳島県立博物館より)

B.植物を煮沸した後に約 5 日発酵させる方法 (大井川葛布作りより)



図 1: 繁茂するクズ (長野県林業総合センター情報誌より)

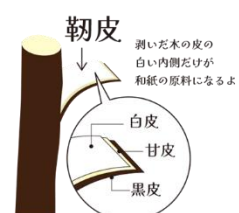


図 2: 植物の茎の中の靱皮

(神代和紙保存会 HP より)

I.3.で後述するように、初めは方法 A を行った上で、煮沸が必要と判断し方法 B を採用することとした。

3. 本報告の構成

本報告では以下の 3 つの実験から得られた結果について報告する。

予備実験: 煮沸なしの発酵処理 (8 種) ...方法 A

実験 1: 煮沸ありの発酵処理 (クズ・フジ・カボチャ・ゴーヤ) ...方法 B

実験 2: 糸と布の試作、繊維と糸の特性の評価 (クズ・フジ)

カッコ内の植物名は扱った材料である。予備実験における「8 種」とその選んだ理由を下の表に示す (表 1)。

表 1:材料に選んだ植物とその理由

植物	クズ	フジ	カボチャ	ゴーヤ	サツマイモ	サトイモ	ササ	トウモロコシ
選んだ理由	先行研究あり	クズと同じつる植物であるため			筋が多いため		葉脈が取り出せそうのため	

II. 予備実験: 煮沸なしの発酵処理 (8 種)

1. 目的

方法 A (煮沸なし・2 週間) でクズから繊維が取り出せることを確かめる。

他の 7 種 (フジ・カボチャ・ゴーヤ・サツマイモ・サトイモ・ササ・トウモロコシ) から同様の方法で繊維が取り出せるか確かめる。

2. 仮説

これらの植物を発酵させると、植物の表面に付着していた微生物の働きによって、繊維とそれ以外の組織の結合が弱まり、繊維を取り出すことができる。

3. 方法

材料:クズ、フジ、カボチャ、ゴーヤ(4 種は茎)、サツマイモ(地下茎)、サトイモ(茎)、ササ(葉・葉柄)、トウモロコシ(葉)

- ① クズ、フジ、カボチャ、ゴーヤの茎は木化していないものを採集し、葉を落としてつるのみにした。
- ② フリーザーバッグに水を入れ、植物を入れて封をした。
- ③ クズ、フジ、ササは温度が下がりすぎないように発泡スチロールに入れ蓋をして、自宅のベランダに置いた (実験時期は 6~7 月)。他の 5 種は設定温度 40℃の恒温機に入れた。
- ④ 2 週間後、柔らかくなった部分を手とスクレイパー (図 3) で洗い落とし、取り出したものを 1 日外で乾燥させた。ただし、フジは変化が見られるが不十分であると考えられたため、期間を 3 週間にのばした。



図 3:スクレイパー

4. 結果

クズ、フジ、カボチャ、ゴーヤ、サツマイモ、トウモロコシから繊維を取り出すことができた。

発酵処理前・処理後・取り出したもの・発酵と繊維の様子を以下に示す。



図4:クズ処理前



図5:クズ処理後



図6:クズ繊維

クズ：

水が緑色に濁って腐敗臭がした。繊維以外の部分が柔らかくなって容易に繊維と分けられた。繊維は光沢がある。

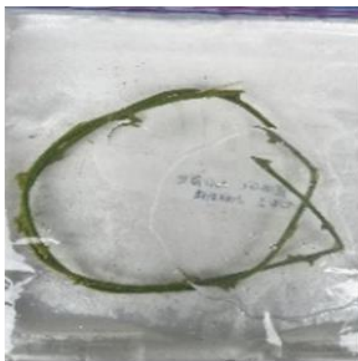


図7:フジ処理前



図8:フジ処理後



図9:フジ繊維

フジ：

クズより発酵が遅く、水の濁りと匂いが少なかった。繊維はクズと同じような部分から取り出せたが、硬く厚い。



図10:カボチャ処理前



図11:カボチャ処理後



図12:カボチャ繊維

カボチャ：

クズより水の濁りと匂いが弱く、つるの一部が分解されてスカスカになっていた。繊維は薄く、つるの表面の傷や凹凸が影響しやすい。



図13:ゴーヤ処理前



図14:ゴーヤ処理後



図15:ゴーヤ繊維

ゴーヤ：

クズより水の濁りと匂いが弱く、つるの一部が分解されてスカスカになっていた。繊維は硬く棒状である。



図 16:サツマイモ処理前



図 17:サツマイモ処理後



図 18:サツマイモ繊維

サツマイモ：

水が赤茶色に濁り、表皮と繊維部分がはがしにくかった。繊維は他の帯状の繊維とは異なり、細く短い（Ⅷ.1. 補足事項参照）。



図 19:サトイモ処理前



図 20:サトイモ処理後



図 21:袋から取り出したサトイモ

サトイモ：

水が茶色に濁り、全体が柔らかくなっていた。繊維らしい部分がなく、取り出せなかった。



図 22:ササ処理前



図 23:ササ処理後



図 24:袋から取り出したササ

ササ：

水が緑色に濁り、クズより青臭い匂いがした。葉から繊維は取り出せなかった。葉柄から少量の繊維が取り出せた。



図 25:トウモロコシ処理前



図 26:トウモロコシ処理後



図 27:トウモロコシ繊維

トウモロコシ：

水が白く濁り、匂いは弱かった。バイオフィルムが目立った。繊維は葉脈部分を取り出すことができた。

5. 考察

- ・ いずれの植物でも発酵処理後に水が濁って腐敗臭がしたことから、付着していた微生物によって発酵が進んだと考えられる。ただし、植物によって発酵の仕方が異なった。この原因は植物の生息環境や植物の種類の違いなどが考えられるが、どの要因であるかこの実験では判断できない。
- ・ 繊維を取り出せた 6 つの植物は、付着していた微生物によって繊維とそれ以外の組織の結合が弱まり、繊維を取り出せたと考えられる。ただし、トウモロコシについては発酵で分解された部分と関係なく葉脈を取り出せたため、発酵処理の必要がない可能性がある。
- ・ ササについては発酵は進んだが、表面がつるつるしており、処理後も変わらなかったため、表面を微生物が分解できず、変化がなかったと考えられる。サトイモは靱皮や葉脈に繊維にあたる部分がなく全体が分解されてしまい、繊維を取り出せなかったと考えられる。

6. 課題

- ・ 煮沸を行わない方法 A では、植物の生育環境などによって付着している微生物が異なり、条件を揃えられない可能性があった。そこで葛布作りで用いられている方法 B を参考に煮沸を行うこととした。実際はススキを敷いた室を発酵に用いるが、実験 1 では恒温機で類似の温度環境を再現した(表 2)。
- ・ 材料について、ササは繊維を取り出せず、トウモロコシは発酵処理の効果ではない可能性があった。また、どちらも葉脈繊維であり、発酵処理は主に靱皮繊維の取り出しに使われているため適切ではないと考え、材料から除外することとした。繊維を取り出せなかったサトイモと、量が少なかったサツマイモについても除外し、実験 1 ではクズ・フジ・カボチャ・ゴーヤを材料とすることとした。

表 2: 葛布作りと今回の実験手法の比較

	煮沸時間 (100℃)	発酵器具	発酵期間	発酵温度	繊維の取り出し方	糸の作り方
葛布作り(先行研究)	20分	ススキを敷いた室	4-5日	不明 (6-8月)	川で手洗いする	撚りをかけず 両端を結ぶ
今回の実験	20分	恒温機	6日	37℃	水道水で洗い スクレイパーではがす	スピンドルで 撚りをかける

III. 実験 1: 煮沸ありの発酵処理 (クズ・フジ・カボチャ・ゴーヤ)

1. 目的

方法 B(煮沸あり、約 5 日) でクズから繊維を取り出せるか確かめる。
フジ・カボチャ・ゴーヤから同様の方法で繊維を取り出せるか確かめる。

2. 仮説

これらの植物を煮沸し発酵させると、枯草菌などの熱に比較的強い微生物の働きによって繊維とそれ以外の組織の結合が弱まり、繊維を取り出すことができる。

3. 方法

材料:クズ 約 60cm のつる 3 本 (質量を測定していなかった)
フジ 約 30cm のつる 5 本 (質量を測定していなかった)
カボチャ つる 134.5g
ゴーヤ つる 118.9g

- ①木化していないつるを6月下旬に採集し、葉を落とした。
- ②20分間煮沸した。
- ③フリーザーバッグに水を入れ、植物を入れて封をした。
- ④設定温度 37℃の恒温機に入れ、6日間置いた(本来は4〜5日であるが日程の都合上6日となった)。
- ⑤柔らかくなった部分を手とスクレイパーで洗い落とした。
- ⑥取り出した繊維を1日屋外で乾燥させた。

4. 結果

クズ・フジ・カボチャ・ゴーヤいずれからも繊維を取り出すことができた。カッコ内は取り出せた量を示す。



図 28:クズ処理後



図 29:クズ繊維(0.6g)



図 30:カボチャ処理後



図 31:カボチャ繊維(3.0g)



図 32:フジ処理後



図 33:フジ繊維(0.6g)



図 34:ゴーヤ処理後

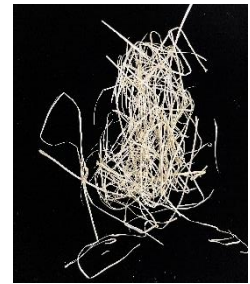


図 35:ゴーヤ繊維(1.1g)

5. 考察

- ・ 実験 1 でも発酵処理後に水が濁っており、繊維部分がはがれやすくなっていたことから、予備実験(煮沸なし)と同様の仕組みで繊維が取り出せたと考えられる。
 - ・ 予備実験と異なり発酵の様子が植物によってあまり変化がなかったことから、煮沸によって微生物の種類が限られ、ある程度条件を揃えることができたといえる。また、加熱自体の効果もあり、期間を2週間から6日間に短くしても繊維を得ることができた。
 - ・ 発酵に関わった微生物は単離していないため特定できないが、主に枯草菌の仲間であると考えた。葛布作りでは発酵処理は枯草菌の一種を用いているとされており、枯草菌が多く存在するススキを本来は用いる。枯草菌は植物の表面に多く存在しているのに加え、芽胞形成菌であり熱に強く、煮沸により他の微生物が死滅する中、優勢になることが予想される。また、枯草菌はセルラーゼやペクチナーゼなどの酵素を出して植物の構成成分を分解する。
- 以上から、つるに付着していた枯草菌などの微生物の出す酵素が、繊維組織とそれ以外の組織の結合部分を分解することで、繊維を取り出すことができたと考えられる。

IV. 実験 2: クズ・フジの糸・布の試作、繊維と糸の特性の評価

1. 目的

クズ・フジの繊維が衣服に使えるものであるか(ここでは糸と布を作ることができるか)確かめる。
その繊維と糸の特性を、実際使われている繊維と比較して評価する。

2. 仮説

クズ・フジの繊維から糸・布を作ることができるが、実際使われている繊維に特性は及ばない。

3. 方法

材料:クズ、フジ繊維

- ① 繊維をコーム(図 36、0.74mm 間隔)で梳いた。
- ② それぞれ約 0.1g の繊維を、スピンドル(図 37)を用いてより合わせ、糸を作成した。
- ③ 作成した糸を横糸に、綿糸を縦糸に用い、簡易織機(図 38)で布を作成した。
- ④ 繊維の特性を以下の a,b の項目について測定した。

a.断面積

繊維の断面を長方形と見立てて、幅(長い辺)と厚さ(短い辺)を測定し、「断面積(mm²) = 幅(mm) × 厚み(mm)」として算出した。繊維 1 本あたり 5 箇所の幅と厚みを測定してそれぞれ断面積を算出し、その平均を取った。10 本の繊維の結果の平均を取った。

b.断面積当たりの引張強度

「断面積当たりの引張強度(N/mm²) = 引張強度(N) ÷ 断面積(mm²)」として算出した。引張強度は繊維の一方の端をニュートン式ばねばかりに接着して引っ張り、切れた時の力の大きさを記録した。1 つの繊維につき 3 回行い、平均を取り算出した。10 本の繊維の結果の平均を取った。

- ⑤ 糸の特性を以下の c,d の項目について測定した。

c.糸の幅

糸の 10 箇所の幅を測定し、平均を取った。植物 1 種類につき 1 本の糸を試作したため、1 本のみの数値になる。

d.撚りの抜けにくさ

2 本の繊維の一方の端 5cm を重ね、5 回転の撚りをかけた。一方の端をニュートン式ばねばかりに接着して引っ張り、撚りが抜けた時の力の大きさを記録した。

- ⑥ 実際に使われている苧麻(取り出した繊維と同様に植物の靱皮繊維)とナイロン(衣料用合成繊維)でも同様に測定を行い、クズとフジの結果と比較した。ただしナイロンの断面積は円と捉え、(直径÷2)²×3.14 で算出した。



図 36:実験で用いたコーム



図 37:実験で用いたスピンドル



図 38:実験で用いた簡易織機

4. 結果

クズとフジどちらの繊維からも糸と布を作成できた。糸・布・繊維の表面の様子、測定した特性を下に示す。



図 39:クズ試作糸(121cm)



図 40:クズ試作布(2.5×2.0cm)

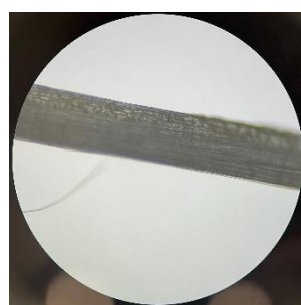


図 41:クズ繊維表面 (100 倍)



図 42:フジ試作糸(110cm)



図 43:フジ試作布(2.5×1.7cm)

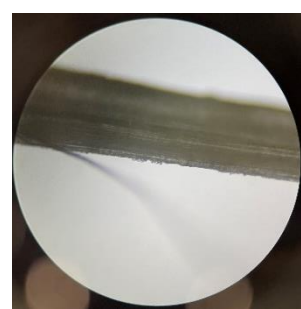


図 44:フジ繊維表面 (100 倍)

表 3:繊維の断面積・引張強度、糸の幅・撚りの抜けにくさの比較

	クズ	フジ	苧麻	ナイロン
繊維の断面積(mm ²)	0.03	0.05	0.03	0.01
繊維の引張強度(N/mm ²)	36.6	47.6	119.8	702.3
糸の幅(mm)	0.23	0.34	0.24	-
撚りの抜けにくさ(N)	0.48	0.32	0.32	-

※ナイロンは撚らずに糸になるため、糸の比較では除いて「-」で表した。

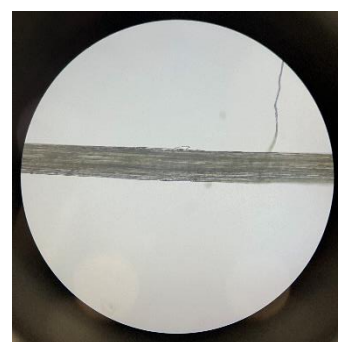


図 45:参考 苧麻繊維表面(100 倍)

5. 考察

- ・ クズ、フジの繊維ともに、糸と布を作成でき、衣服に使える可能性があると考えられる。
- ・ 顕微鏡での観察から、クズとフジの繊維はどちらも帯状でまっすぐであり、苧麻の性質に似ている。
- ・ 繊維の特性について、クズ、フジ繊維ともにナイロンより断面積が大きくばらつきがあり、引張強度は小さかった(表 3)。合成繊維の代用にするには改良が必要である。
- ・ 苧麻と比較するとクズ、フジ繊維それぞれに以下のような特徴があった。
- ・ クズ繊維の断面積は苧麻と同程度で、引張強度は小さかった。また、繊維どうしの撚りの抜けにくさは大きかった。クズは細さは十分で撚りがかかりやすいが、切れやすい繊維だと考えられる。
- ・ フジ繊維の断面積は苧麻より大きく、引張強度は小さかった。撚りの抜けにくさは同程度だった。フジは撚りの抜けにくさは十分だが、太い繊維だと考えられる。また、クズより強い繊維だと考えられる。

V. 結論

クズとフジに発酵処理を行うと、繊維を取り出すことができ、糸と布を作成することができる。ただし合成繊維の代用とするには改良が必要である。

また、発酵処理の方法は煮沸を行うものが適していると考えられる。

VI. 課題

- ・ 繊維の特性の測定では、幅や厚みをデジタルノギス(0.1mm 目盛り)で、引張強度をばねばかりで測定した。精度が低いと考えられるため測定の精度を高めることが必要である。
- ・ 植物自体や取り出した繊維の個体差が大きい、サンプル・データ数を増やすことが求められる。

VII. 今後の展望

以下のような展開が考えられる。

- ・ 発酵処理の仕組みへのさらなる考察
- ・ 発酵処理が使える植物と使えない植物の傾向の分析
- ・ カボチャやゴーヤなど、他の植物からの糸や布の作成
- ・ 繊維・糸・布の改良

VIII. 補足事項

1. サツマイモ繊維

方法 A・B どちらでも取り出すことができたが、取り出せた量が少量であったため研究に至らなかった。他の繊維は長く太い繊維で、麻に似ている一方、サツマイモ繊維は短く細い繊維(図 46,47)で、綿の性質に似ている。また、光沢がある。

発酵処理では表皮と繊維部分の分離が難しく、発酵処理ののち後述する NaOH 処理を行ったが、効果はなかった。

発酵処理は適していないと考えられるため、他の物理的・化学的処理など、今後の研究に期待したい。

2. NaOH 処理

繊維の改良のために、予備実験で取り出したクズ・フジ・ササの繊維に NaOH 処理を行った。パイナップル繊維への NaOH 処理の先行研究から、繊維が細くなると仮説を立てた。20%の NaOH 水溶液で 20 分間処理を行ったが、仮説に反して繊維は細くならなかった。

先行研究で使われていたパイナップルの繊維は、いくつもの細い繊維によって構成されている。繊維同士を固めているリグニンやヘミセルロースなどの物質が NaOH によって分解されたため、その分繊維が細くなったと考えられる。一方で今回扱ったクズ・フジ・ササの繊維はそれ自体が一つの繊維であるため NaOH 処理の効果がなかったと考えられる。繊維の改良には NaOH 以外の処理が必要である。

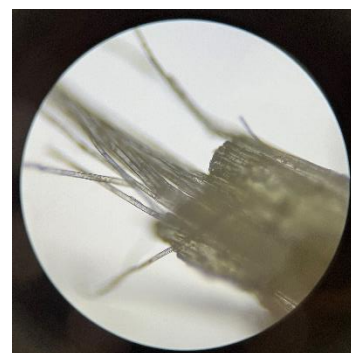


図 46:サツマイモ繊維 (100 倍) 図 47:サツマイモ繊維と表皮 (100 倍)

引用文献

- ・ 片倉正行「クズが広がる可能性があります」長野県林業総合センター ミニ技術情報 No.29 (2000) pp1 写真
<https://www.pref.nagano.lg.jp/ringyosogo/joho/minigijutsu/documents/mini29.pdf>
- ・ 神代和紙保存会公式ホームページ「和紙って何？」岡山奥備中神代和紙保存会 イラスト
<https://kojirowashi.jp/whatiswashi/>

参考文献

- ・ 小川誠「植物から繊維を取ろう」徳島県立博物館
<https://museum.bunmori.tokushima.jp/ogawa/karamushi/index.php>
- ・ 大井川葛布公式ホームページ「葛布ができるまで」大井川葛布工房 <http://kuzufu.com/about/make.html>
- ・ 湯原公浩(2004)「別冊太陽 日本の自然布」平凡社
- ・ 藤田浩行他(2023)「パイナップル葉繊維からなる高品質紡績糸に関する研究」兵庫県立工業技術センター繊維工業技術支援センター研究報告 No.54 pp7~14
https://www.hyogo-kg.jp/download/publish/report_31/rep31-s23.pdf

謝辞

本研究にあたっては、東京都立戸山高等学校化学科の中野進一先生、木曾奈津美先生、竹中俊一先生、岡寄久美先生に、研究全体にわたってご指導をいただきました。

また、滋賀県愛荘町の近江上布伝統産業会館の皆様には、苧麻や大麻を用いた伝統的な織物について、貴重な体験とご助言をいただきました。深くお礼を申し上げます。