

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：38005

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K02354

研究課題名(和文) 着尺用材料の作出に向けた芭蕉布繊維の解像

研究課題名(英文) Imaging analysis of high quality Bashofu fibers to make Kimono textile

研究代表者

小泉 好司(Koizumi, Koji)

沖縄科学技術大学院大学・イメージングセクション・リサーチ サポート スペシャリスト

研究者番号：60343563

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では沖縄の伝統布である芭蕉布とその材料であるイトバショウについて、いろいろな顕微鏡観察技術を用いて形態学的な観察ならびに解析を行った。また芭蕉布採織過程での微生物を用いた処理加工法を検討した。芭蕉布はその硬軟から、ワーハ(硬く小物やインテリア用)、ナハウ(柔らかく着物の帯に使われる)、ナハグ(非常に柔らかく着尺用)に分類されるが、ナハグではワーハやナハウに比べ、糸が細いこと、繊維を構成する細胞の細胞壁が薄いこと、細胞壁構成成分の一つであるリグニンの量が少ないことがわかった。また採織に適した微生物の単離に成功し、この菌の処理により、伝統法ではできなかった硬い材料からの製織が可能になった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

芭蕉布のなかでもナハグ繊維は上質で柔らかな着尺用繊維として知られているが、このナハグ繊維が同じイトバショウ植物体から生産されるワーハやナハウ繊維と比べ、なぜ柔らかいのかははっきりとしない。本研究により、このナハグ繊維の持つ形態的・化学的な特性が明らかになり、今後の芭蕉布の生産において着尺用の柔らかい糸を作るときの指標になると考えられる。また植物を材料とする繊維生産において、栽培、育種、採織工程を検討するときの特質と捉えることができる。単離した菌の利用により、これまで着尺用としては利用できなかった材料についても採織の道がひらけ、材料不足が原因で減少していた芭蕉布生産の増産策になるであろう。

研究成果の概要(英文)：Using various microscopic techniques, morphological observations and analyses were performed on the traditional Okinawa textile, Bashofu, and its material, Itobasho. In addition, Bacterial treatment during the process of Bashofu fiber extraction was investigated. Bashofu textile is classified into three classes according to their hardness and softness: Waha (hard used for interior decoration), Nahau (soft used for obi belts of kimono), and Nahagu (very soft used for kimono cloth). As the results of this study, we found that Nahagu thread was thinner than Waha thread, the cell walls of cells constituting fibers in Nahagu were thinner than those in Waha and Nahau, and the content of lignin, one of the components of cell walls, in Nahagu was lower than that in Waha and Nahau. We also succeeded in isolating a bacterial strain suitable for fiber separation, and treatment with this bacterial strain made it possible to separate fibers from hard materials, which was not possible with the traditional method.

研究分野：植物学 顕微鏡学

キーワード：芭蕉布 顕微鏡観察 イトバショウ パナナ繊維 光学顕微鏡 電子顕微鏡 沖縄

## 1. 研究開始当初の背景

芭蕉布はイトバショウから作られる沖縄の伝統的な織物で、琉球の時代より、庶民の日常の衣として、ときには人の手の限りを尽くした高貴な布として使われてきた。現在でも沖縄県大宜味村喜如嘉を中心に生産されているが、原材料の不足と採織が独自の伝統技術によるため、製造量は非常に限られている。芭蕉布の生産では、一般的に繊維は職人の感覚で、ワーハ(硬い、財布などの小物やインテリア用)、ナハウ(柔らかい、着物の帯など用)、ナハグ(非常に柔らかい、着物用)の3種に分類されるが、それを決定づける科学的な要因は定かではなかった。また植物を材料とする繊維の生産において、微生物の分解により繊維を抽出したり、抽出を助ける方法は数々知られているが、芭蕉布の生産には利用されてこなかった。

## 2. 研究の目的

芭蕉布のワーハ、ナハウ、ナハグ用の糸やそれぞれの繊維について、また材料となるイトバショウのワーハ、ナハウ、ナハグ用部位について、光学・電子顕微鏡技術を使って、形態・形状の違い、構成成分の違い、強度の違いなどについて解明することを目的とした。得られた科学的な解析に基づく結果を生産現場に還元することも目的の一つとなる。また伝統的な芭蕉布の製法には使われてこなかった微生物処理の活用を目指し、イトバショウ畑から好ましい特性を持つ有用菌を分離し、基礎研究を行うことで微生物処理により生産された糸・繊維について科学的に特性を解明すること、さらには職人と連携して、微生物処理により柔軟化した材料からの採織や糸作りまでの可能性を検討することも目的となる。

## 3. 研究の方法

喜如嘉芭蕉布事業協同組合より提供を受けたイトバショウ植物体(職人により分類されたワーハ、ナハウ、ナハグ葉鞘部)、いろいろな畑で収穫したイトバショウから採織した芭蕉布繊維、職人別に作成された糸を材料に用いた。材料を FAA 液で固定したのち、適切な処理・染色を行い、光学顕微鏡(明視野、蛍光)もしくは電子顕微鏡で観察した。撮像した画像についてはソフトウェアを用いて解析を行った。繊維の強度については引張試験機で計測し、計測後、断面積を顕微鏡観察で測定した。喜如嘉土壌より単離した繊維分解の候補となる細菌について、rRNA のシーケンスを行い細菌を同定した。同定した細菌については分解能などを調べる基礎実験を行った。またイトバショウを材料に細菌処理を行い、産出された繊維について強度や形態・形状などを調査した。

## 4. 研究成果

職人が作成した糸、ならびに異なった栽培条件で育てたイトバショウを材料にした芭蕉布繊維、そしてその材料であるイトバショウ植物について形態観察を行った。その結果、ナハグ繊維用の糸はワーハ繊維用に比べて、糸を構成する繊維組織の数が少なく(ナハグ約 9 本、ワーハ約 16 本)、糸が細いこと(ナハグの断面積約 6 万  $\mu\text{m}^2$ 、ワーハの断面積約 14 万  $\mu\text{m}^2$ )、無着色のナハグ繊維は白いのに対しワーハ繊維は茶色いこと、ナハグ繊維を構成する繊維細胞の細胞壁は薄いのに対しワーハ繊維の細胞壁は厚いこと、多くのナハグ繊維の表面には収縮した細胞が観察されるが、ワーハ繊維の表面の細胞は強固に見え、またナハグには見られない”不純物”と呼ばれる採織時の残渣が観察されることがわかった。細胞壁の厚みについては壁腔比(wall/lumen ratio, 糸断面の細胞壁と細胞腔の面積比)を算出し詳しく調べたところ、ナハグはワーハに比べ低い傾向があった(ナハグ約 1.5、ワーハ約 2)。また細胞壁の硬さに関係する細胞壁構成成分の一つリグニンについて、染色に基づいた定量をしたところ、ナハグではワーハに比べ単位面積当たりのリグニン量が 80%程度であった。また引張試験を行い、強度を細胞壁の単位面積当たりに換算したところ、ナ

ハグの強度はワーハに比べ 80%程度であることがわかった。リグニン量が低いことにより繊維の強度が低下していることが伺える。次に糸や繊維で観察された結果について材料であるイトバショウ植物体で調べた。喜如嘉の職人は経験則に基づいてイトバショウ葉鞘部を、外側から、ワーハ、ナハウ、ナハグ用の材料として収穫し糸作りに用いる。そこで職人により分類した材料について、葉肉繊維組織と維管束繊維組織の細胞壁の厚みを壁腔比として調べたところ、ナハグ部位ではワーハ部位に比べ、多くの植物体で著しく小さくなっていた(壁腔比、ナハグ 0.7 程度、ワーハ 1.6 程度)。染色により定量したリグニン量についてもナハグ部位ではワーハ部位の 55%程度であった。また葉鞘部の断面(直径約 10cm)を観察することで、葉肉繊維組織と維管束繊維組織の総数を数えたところ、葉鞘全体のうち 14 - 22%がナハグ繊維用として職人により収穫されることが判明した。以上からナハグ繊維が柔らかいのは、職人が糸を細く作ること、繊維を構成する細胞の細胞壁が薄いこと、またリグニン量が少ないためであることがわかった。またこれらの特徴は植物体に由来にするものであろう。イトバショウのような植物では新葉は葉鞘の内側から発生するため、内側の葉鞘が若く、外側に向かうほど成熟している。職人は経験的に葉鞘の内側の細胞壁が未成熟で薄く、リグニンの蓄積が少ない部位(全体の 14 - 22%)を柔らかな繊維を作るための材料として収穫していると考えられる。

微生物を活用した採織が芭蕉布の採織で進まなかった理由に、イトバショウ繊維が他のバナナ繊維より細く、微生物の非特異的な過剰分解を受けやすいことが考えられる。そこで、材料の不要部分のみを分解できるような微生物の探索を開始した。イトバショウから収穫された材料は、不要部分である、脂肪酸のポリエステルが主成分である硬いクチクラ層に覆われているが、脂肪酸エステルは繊維には含まれない。研究開始当初、分担者は、すでに微生物をイトバショウ畑の土から選択・単離していたため、まずは単離菌を同定し、情報を収集した。予備実験により 16s rRNA 領域の遺伝子配列の増幅が可能であり、かつ液体培地中でよく増殖する、6 個の単離菌の同定を外注した。その結果、単離菌#13 は *Stenotrophomonas* sp.と同定され、既報より脂肪酸変換に関与する性質を持つことから、この菌が材料の不要部分の脂肪酸エステルの分解に有効ではないかと考えた。そこで、単離菌#13 を材料の不要部分の分解に活用できる、有力な微生物の候補とした。単離菌#13 について、その特性を調べた。基礎実験には、培地中での分散しやすさから、脂肪酸エステルを持つ界面活性剤(Tween-20 など)を用いた。Tween-20 を唯一の炭素源として含む培地での増殖を確認し、増殖に伴う培地中の Tween-20 の減少も確認した。また単離菌#13 が、繊維の成分である、セルロースやペクチンを分解しないこと、低いリグニン分解能力であること、さらには抽出繊維の断面に影響を与えないことを確認した。単離菌#13 による材料への分解効果を厳密に評価するために、生の材料をオートクレーブで滅菌処理し、ここに単離菌#13 を添加した。このように処理された材料の評価には、実際の不純物除去(ウー引き)の初期工程に測定方法が類似していることから、食品の硬さを測定するために使われるレオメーターが使われた。その結果、単離菌#13 によって処理された材料は、その厚みが減少し柔らかくなることがわかった。またこの材料から抽出された繊維の断面も微生物無添加の材料の場合と比べ、明らかな差は見られなかった。また、実験室での不純物除去では、単離菌#13 で処理した薄く柔らかい材料が、未処理のものやコントロールの大腸菌で処理された材料よりもスムーズであった。このような良好な結果を認めたので、芭蕉布工房の協力を仰ぎ、実証実験を開始した。具体的には、職人に材料を提供してもらい、実験室にて単離菌#13 による処理を行った。処理後は材料を工房に戻し、職人が材料から不純物を除去し、次工程の繊維の分離のために工房内で材料を乾燥させた。この乾燥中の材料を、職人と共に観察したところ、単離菌#13 で処理した材料や繊維は白味が増すようであり、この傾向は芭蕉布作製における緋のための染色のために好ましい結果であった。

さらに本事業では、大量に放置され年数が経ったイトバショウからの繊維の抽出も試み、若いイトバショウから得られる繊維に見られたよじれはないものの、通常伝統工芸で使われる繊維より太い 90  $\mu$ m 程度の繊維を得ることができた。このような硬く太い繊維には酵素処理などの表面処理が必要であると考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 柿原文子, 小泉好司, 佐々木敏雄, 野村陽子	4. 巻 72
2. 論文標題 芭蕉布繊維の簡易採織	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本家政学会誌	6. 最初と最後の頁 818-828
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11428/jhej.72.818	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yoko Nomura, Koji Koizumi	4. 巻 21
2. 論文標題 Fusion of biotechnology and craftsmanship: Bacterial treatment to improve Bashofu fiber extraction	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Natural Fibers	6. 最初と最後の頁 2351166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15440478.2024.2351166	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yoko Nomura, Fumiko Kakihara and Koji Koizumi
2. 発表標題 Utilization of Bashofu Fibers from Neglected Materials in the Traditional Craft Making
3. 学会等名 2022 International Conference on Clothing and Textiles (ICCT), Seoul, Korea (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柿原 文子, 小泉好司, 佐々木敏雄, 前原弥生, 野村陽子
2. 発表標題 芭蕉布糸を構成する繊維の観察
3. 学会等名 日本家政学会第73回大会
4. 発表年 2021年

1．発表者名 美谷 千鶴，小泉好司，佐々木敏雄，柿原 文子，野村陽子
2．発表標題 琉球時代のスマートテキスタイル
3．学会等名 繊維学会
4．発表年 2020年

1．発表者名 美谷 千鶴，小泉好司，佐々木敏雄，柿原 文子，野村陽子
2．発表標題 夏季衣料材料としての芭蕉布繊維の特性 水分の保持・乾燥能
3．学会等名 日本繊維製品消費科学会
4．発表年 2020年

1．発表者名 野村陽子，柿原文子，前原弥生，小泉好司
2．発表標題 島バナナからの簡易採織
3．学会等名 日本家政学会
4．発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究 分 担 者	野村 陽子	沖縄科学技術大学院大学・サイエンステクノロジーグループ・サイエンス・テクノロジー・アソシエイト	
	(Nomura Yoko)		
	(90302794)	(38005)	

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------