

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 9 月 30 日現在

機関番号：53401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K01105

研究課題名(和文)和紙製造に必須な粘液生産植物トロロアオイとノリウツギの栽培と粘液保存の基礎研究

研究課題名(英文)A preliminary study of the cultivation and mucus preservation of plants "tororo-aoi" and "noriutsugi" producing mucus used for Japanese paper-making

研究代表者

嶋田 千香(Shimada, Chika)

福井工業高等専門学校・電子情報工学科・特命准教授

研究者番号：20345599

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の主な目的は、和紙抄造原料トロロアオイの栽培条件、根抽出液の科学的評価法の確立であった。主な成果は、(a)トロロアオイには異なる2種類の形態の植物が存在し、越前和紙関係者は、茨城県内で栽培される形態を「トロロアオイ」、それ以外を「ハナオクラ」と区別する点、(b)栽培時の施肥・コンパニオンプランツ・脇芽掻きの有無、灌水量の多寡、赤玉土培土への軽石混入は、簡易的な粘液評価法、ルート通過時間に顕著に影響しない点、(c)茨城県・福井県産「トロロアオイ」の粘液の粘性・弾性は、前者がより劣化し難い点であった。

これらの成果は学会発表9件の他、新聞報道や文化財関連教育プログラムでビデオ配信された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、日本文化や世界の文化財修復に不可欠な和紙の持続的な生産を支援するため、栽培される植物、栽培条件、栽培によって得られた材料の評価方法の解明に貢献できたことである。誠実さ、熱意を伴って確かな技術で作られた文化財は、実物を手に取る、又は間近でみることで、それが国の誇りであることが実感できる。この研究成果を通して和紙や日本文化に興味を持つ人を増やすこと、それが本研究の社会的意義である。

研究成果の概要(英文)：The main purposes of this study, which focused on tororo-aoi used for Japanese paper-making, were an establishment of the cultivation conditions and the evaluation methods of its mucus extracted from the root. The main results of the study were (a) two different external forms were found under one plant name, tororo-aoi. Echizen Washi people had distinguished these two forms and the real "tororo-aoi" came from only ones grown in Ibaragi prefecture. (b) During the cultivation, fertilization, companion plants, bud picking, amount of watering, akadamatsumi mixed with pumice didn't affect the time passing through a funnel (a simple evaluation method for the root extraction). (c) Comparing of the vicinity and the elasticity of the root extraction taken from the plants grown in Ibaragi and Fukui prefectures, the former was less likely to deteriorate. These results were presented at nine academic conferences, a newspaper article, and an education program related to cultural properties.

研究分野：文化財科学

キーワード：トロロアオイ 和紙抄造原料 ネリ 根抽出液 栽培条件 粘弾性 簡易なネリ評価法

1. 研究開始当初の背景

文化財とは、広義では人類の文化的活動によって生み出された有形・無形の文化的所産のことである。高い技術と強い意志で作られ、かつ長い時間を経たそれは、往々にして心に強い印象を与え、その結果、それを育んだ地域への興味や関心を促す。強い印象を与えてくれた文化財は心の支えとなり、更にそれらが他国にない独自のものであることを知れば、それを誇りに思い、それを育ててくれた自国のことを大切に思うはずである。

歴史的な文化財の材料は天然物に由来するが、その入手は年々困難になっているものが多い。和紙抄造に利用されるトロロアオイもその1つである。アオイ科に属すトロロアオイは、その根から得られる抽出液が、特に「流し漉き」の製法で、和紙を構成する繊維を均一に分散させるための粘料として、抄造現場では「ネリ」と称され利用される。トロロアオイを選ぶ漉き手は59.3%に及び、このことは現在の和紙抄造現場で本植物の重要性を示している。昭和40年には15000トンを超えたトロロアオイ根の収穫量は、平成16年度に45トンにまで減少した。収穫面積4ヘクタールのうち、9割以上が茨城県で栽培されていたが、2019年4月に茨城県小美玉市の5戸の農家が2020年以降の栽培中止を発表、日本における今後の和紙抄造に大きな影響を及ぼすことが予想された。トロロアオイ根の供給を茨城県産のものに頼っていた越前和紙の抄造現場は、その1つである。

越前和紙を産する福井県和紙工業協同組合では、2019年から茨城県内での栽培支援と共に、福井県内での栽培を開始した。しかしながら2019年は生育が悪化し、収穫を早めざるを得なかった経緯がある。その原因の1つとして、福井県と茨城県の土壌環境や気候の違いが考えられた。

また、福井県和紙工業協同組合では、茨城県産のもののみを「トロロアオイ」、他を「ハナオクラ」と区別している。今後の栽培と品質評価のために、それぞれの栽培適性を明らかにし、根の性質、根から得られる抽出液の評価方法の確立は必須と言える。

2. 研究の目的

本研究での最終的な目的は(1)栽培条件、(2)環境に配慮した根の保存方法、(3)根の組織学的及び根抽出液の科学的評価法の確立とした。これらを目指し、以下の実験を行った。1-1. 福井県内での栽培の可否、1-2. 異なる栽培条件(施肥やコンパニオンプランツ、脇芽掻きの有無、灌水量の多寡)、土壌条件(赤玉土、赤玉土+軽石)が生育やネリ(根抽出液)に与える影響、2. 井戸水に浸漬されたトロロアオイ根に殺菌効果が期待できる生薬クララを添加した場合(予備試験) 3-1. 「トロロアオイ」「ハナオクラ」根の組織的比較(予備試験) 3-2. ネリのルートでの評価法には、粘性や弾性などの諸要因が複雑に関与することを考慮し、ネリのせん断粘度と第一法線応力差(弾性)の計測を粘弾性計測装置(円錐平板型)を用いて実施し、測定対象を、茨城県産と福井県産「トロロアオイ」としたこと、3-3. 「トロロアオイ」「ハナオクラ」のネリの違い(ルート内でのネリの動き、ネリの色変化、ルート通過時間) 3-4. ルート通過時間の種内・種間変異を比較した。

3. 研究の方法

栽培は3年間共通して、鯖江市西袋町、吉田郡永平寺町清水の、これまで畑地として利用されてきた圃場を利用した。鉢栽培は、鯖江市の圃場脇で行った。「トロロアオイ」種子は、茨城県内で継代栽培されているものを、福井県和紙工業協同組合を通じて入手し、「ハナオクラ」種子は、(有)エーアンドエフ(鳥取県)から入手した鳥取県産のものを使用した。永平寺町の圃場で毎年使用した肥料は、有限会社ふくじゅ(宮城県石巻市)有機質特殊肥料有機ペレットであり、収穫後、播種前に籾殻や腐葉土を鋤き込んで土づくりをした。

2020年の栽培は、「ハナオクラ」のみ、21、22年は「トロロアオイ」を加えた。栽培条件は、「研究の目的」にある、1-2を3年間かけて網羅した。

茨城県産「トロロアオイ」は、1年以上クレゾールが添加された水中で保存された根を福井県和紙工業協同組合から入手した。

根の腐敗予防の予備試験で使用した、生薬クララは栃本天海堂で購入した。2Lの水中に「トロロアオイ」根とクララ5gを共に浸漬した。

同じく予備試験の根の組織比較については、根横断面の切片をカミソリ刃で作成し、スライドガラスとカバーガラス間に水道水と共に切片を挟み、光学顕微鏡(コンシ-L)で観察した。

収穫された植物の評価のため、根の皮層部約12gを採取し、木槌で叩きいた後、チャック付きポリ袋に水道水100mLと共に加えて一晩4 または室温で保存、翌日竹ざるで濾し、ネリを得

た。根の残渣には再び 100mL の水道水を加え、通過時間が 5 秒を下回るまで、毎日抽出液を採取した。抽出液の評価には、抽出液 50mL が径 60mm のプラスチック製ロートの通過時間（ネリをロートに投入してからロートの足から離れるまで）を測定した。測定時には室温を記録した。

ネリのせん断粘度と第一法線応力差の測定に用いた粘弾性計測装置は Anton Paar MR302：円錐円板型 CP50-1 である。この実験では、茨城県産と永平寺町で栽培された「トロロアオイ」ネリの比較を行った。

「研究の目的」3-3 に関しては、2022 年永平寺町で栽培された「トロロアオイ」5 株のネリを、3-4 に関しては同年同圃場で栽培された「トロロアオイ」「ハナオクラ」各 8 株のネリを 5 回ずつ測定した。

4. 研究成果

1-1. 鯖江市、永平寺町の圃場において「トロロアオイ」「ハナオクラ」（花や葉の形態は、後者がより大型）の栽培に成功した。特に永平寺町内の「トロロアオイ」の地下部の大きさは、茨城県産のものに匹敵した。

1-2. 「トロロアオイ」において、極端に少ない灌水では、根の生育（根が最も太い箇所の高径、短径、根の長さで評価）を妨げたが、それを除く栽培条件、土壌条件は、根の生育に明確な影響を及ぼさなかった。なおネリ評価のために測定したロート通過時間は、異なる栽培条件、土壌条件下であっても、明確な違いは認められなかった。

2. 生薬クララは「トロロアオイ」ネリ劣化を妨げることはできなかった。

3-1. 「トロロアオイ」「ハナオクラ」根の細胞組織を比較したところ、粘液が多く含有される皮層部の柔細胞は、前者により空隙が多い配列であった。これに関しては更に薄い切片を観察する必要がある。配列の違いとネリの性質の関連性の有無は、今後研究する予定である。

3-2. 抽出後 4 時間経過した茨城県産、福井県産両者のネリには違いが認められなかったが、27 時間経過するとせん断粘度、弾性ともに福井県産は茨城県産より小さい値を示し、ネリの劣化が早いと言えた。

3-3. 「ハナオクラ」のネリは「トロロアオイ」に比べ褐色を帯び、ロート通過時間が時間の経過と共に短かった。抽出の回数、時間の経過と共に白濁するのは両種共通であった。「トロロアオイ」抽出 2 回目 0 時間経過のネリの動向は、マーカーが上昇、かつ回転する、特異的なものだった。

3-4. 同一条件下で栽培された「トロロアオイ」「ハナオクラ」のネリのロート通過時間平均値は、前者が 5 から 21 秒、後者が 6 から 37 秒であった。ロート通過時間は同じネリであっても測定毎にばらつくことが多く、測定値の標準偏差も併せて考慮すると、両者間で明確な差はないと判断された。

以上のことから、福井県内でも「トロロアオイ」栽培が可能であり、「トロロアオイ」「ハナオクラ」は外部形態が異なるだけでなく、ネリの色、劣化の早さが異なることから、和紙抄造では両者を区別することが好ましいこと、並びに、茨城県産と永平寺町栽培の「トロロアオイ」は、ネリの劣化が永平寺町のものの方が早い、同一圃場内で栽培した場合は、様々な条件下であってもネリのロート通過時間に違いがなかったことから、土壌や天候など、その地域で特有の環境が、ネリにより影響する可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 嶋田千香, 小越咲子, 田中琴子, 小越康宏
2. 発表標題 和紙製造に利用されるトロロアオイの研究-栽培条件と粘液の性質-
3. 学会等名 文化財保存修復学会第44回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 嶋田千香, 田中琴子, 小越咲子, 小越康宏
2. 発表標題 和紙抄造継続のための粘滑剤（ネリ）について解明すべき問題点
3. 学会等名 経営工学とICT The 20th Japan-China Workshop on Industrial Engineering and ICT (J-C Workshop 2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 和紙抄造に利用されるトロロアオイの粘液研究 種内変異, 栽培土壌の影響
2. 発表標題 嶋田千香, 小越康宏, 小越咲子, 田中琴子, 笠松裕世, 藤田克志
3. 学会等名 文化財保存修復学会第45回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤田 克志, 嶋田 千香, 植松 英之, 坪田 朔弥, 松山 亮太
2. 発表標題 トロロアオイ根の抽出液の物性値計測とモデルパラメータの検討
3. 学会等名 日本機械学会北信越支部2022年合同発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 嶋田千香, 田中琴子, 小越咲子, 小越康宏
2. 発表標題 和紙原料植物トロロアオイの品質管理を目標としたIoT栽培の試み
3. 学会等名 日本設備管理学会2020年秋季研究発表大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 嶋田千香
2. 発表標題 和紙製造に利用される粘液生産植物トロロアオイの簡易粘液測定
3. 学会等名 文化財保存修復学会第43回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 嶋田千香, 小越咲子, 小越康宏
2. 発表標題 地域観光資源の発見と活用 薬草を用いた事例の紹介
3. 学会等名 日本設備管理学会 2023年度春季研究発表大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小越咲子, 嶋田千香, 小越康宏
2. 発表標題 地域観光資源の発見と活用 伝統産業とICT技術による知識の集積
3. 学会等名 日本設備管理学会 2023年度春季研究発表大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 嶋田千香, 小越康宏, 小越咲子, 田中琴子, 笠松裕世, 藤田克志
2. 発表標題 和紙抄造に利用されるトロロアオイの研究 種内変異、栽培土壌の影響
3. 学会等名 文化財保存修復学会第45回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 嶋田千香, 桐原瑛奈, 田中琴子, 小越咲子, 小越康宏
2. 発表標題 和紙抄造に利用されるトロロアオイの研究 絵画に写された形態
3. 学会等名 文化財保存修復学会第46回大会
4. 発表年 2024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	小越 咲子 (Ogoshi Sakiko) (70581180)	福井工業高等専門学校・電子情報工学科・教授 (53401)	
研究分担者	小越 康宏 (Ogoshi Yasuhiro) (80299809)	福井大学・学術研究院工学系部門・教授 (13401)	

	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
研究協力者	植松 英之 (Uematsu Hideyuki) (80536201)	福井大学・学術研究院工学系部門・准教授 (13401)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	藤田 克志 (Fujita Katsushi) (40190037)	福井工業高等専門学校・機械工学科・教授 (53401)	

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