

2021 年度 博士論文

機器分析を用いた植物繊維遺物の鑑別

伊藤 美香

要 旨

考古学には、遺跡から出土する植物の遺存体を調べることによって当時の人間の活動を推測する植物考古学という分野がある。現在の植物遺存体に植物繊維は含まれていないが、植物細胞の一種である繊維は植物の微小遺存体に含まれるのではないかと考えている。本来、遺跡や古墳から出土した繊維遺物は当時の生活文化や技術がに反映される調査対象である。しかし、有機物であるため劣化分解が進み易く、出土遺物として残ることが少ない。また、遺物として残った場合でも微生物などの影響で劣化分解し、激しく形態が変化していたり、何らかの原因で炭化したことによって繊維の収縮が激しく、原形とはかけ離れた形状・大きさとなっている場合もある。従来、繊維の鑑別には比較対象となる標品繊維との形態比較が最も簡便で有効とされており、原形とかけ離れた形状となってしまった繊維遺物の鑑別には専門知識と豊富な経験を要するため、一般研究者が繊維遺物の繊維種を見極めることは容易ではない。そのため、考古資料として長年あまり注目されて来なかった。しかし、繊維遺物の鑑別研究は、出土物の歴史的背景の理解にさらに広がりをもたらすと期待できる。

本研究では、各種植物繊維の形態および人工的に炭化もしくは人工的に劣化(酵素による分解)させた植物繊維の形態について観察・測定したデータに統計処理を加えて比較考察し、繊維遺物の鑑別に有用な根拠となりえる客観的な指標を得ることを試みた。試料として、日本で古くから利用されている植物繊維9種(大麻・苧麻・葛・科・藤・梶・楮・芭蕉・和棉)を用いた。これらの現生植物繊維は、鑑別の標品となる試料であるため、その繊維種や産地の正確さが重要である。栃木県産と群馬県産と福島県の大麻・苧麻・葛・科・芭蕉の5種の繊維については、産地に赴き、栽培されている場所の確認を行い、可能なものは植物茎から自ら繊維組織の採取を行った。また、それ以外の繊維についても出所の明らかなものを試料とした。これらの試料の未処理、人工炭化、人工劣化の各状態を走査型電子顕微鏡で観察し、繊維幅および断面積を測定し、個体差によるばらつきを統計処理によって把握した上で繊維種毎の特徴を捉えて鑑別の指標の一つとしての利用を検討した。その結果、人工炭化した繊維の断面積変化や人工劣化した際の繊維種ごとの劣化分解の様相を把握することができた。さらに、大麻繊維については、複数の産地(国内6県)の8種が入手できたため、各産地の試料について未処理、人工炭化、人工劣化した状態の繊維断面積値を繊維の太さとし、一元配置分散分析で産地間の太さ(平均値)の有意差を検定し、多重比較により各産地間の有意差を調べた。その結果、未処理状態で他の産地と有意差のあったものも急激な炭化により、他の産地との有意差がなくなるなど、状態によって有意差検定の結果が異なった。これらのことから、繊維遺物の鑑別や産地の推測においては、繊維の特徴が炭化や劣化分解による変化も勘案する必要性を指摘した。

生体鉱物(ファイトリス)は、植物が生育する中で細胞内に蓄積された無機物である。主に非結晶のケイ酸体(シリカ)と、結晶質のシュウ酸カルシウム(クリスタル)がある。これ

らは加熱灰化した植物組織中に顕微鏡等で観察することができるので、植物分類学のみならず考古学でもファイトリスの有無や形状による植物繊維への鑑別への応用が期待されているため、本研究でも植物繊維の形態のみでの鑑別を補う目的で検討した。本研究では、9種の試料の灰化物に含まれるクリスタルを走査型電子顕微鏡によりそれらの形態を観察した。その結果、大麻と苧麻のクリスタルの形状は集晶であり、葛、科、梶、芭蕉では、四角柱と六角柱の結晶体が観察されたが、それぞれの繊維においてその大きさや同一倍率視野での観察頻度は異なった。藤には10面体のような形状が見られ、その観察頻度も非常に高かった。一方、和棉については、クリスタルの確認は困難であった。灰化物の中から観察するクリスタルは炭化や劣化の影響を受けにくいと考えられ、その形態の把握と分類データを活用することで鑑別の確度の向上が可能になる。

これらの結果をもとに、各所の埋蔵文化財センターの発掘調査による出土品や本学博物館の収蔵品を含む7種(古墳時代から大正時代)の植物繊維製品の遺物について、光学顕微鏡、電子顕微鏡、フーリエ変換赤外分光光度計、X線回折装置、蛍光X線分析装置といった比較的汎用の分析機器を用いて試料について鑑別を試みた。その結果、標品繊維の未処理の状態、炭化した状態、劣化した状態での形態変化や大きさの把握やファイトリスの把握の知見が実際に出土した炭化繊維や劣化繊維の鑑別指標として活用でき、日本古来の植物繊維を鑑別する際の確度向上に寄与することを示した。

以 上

Identification of Vegetable Fiber Relics by Instrumental Analysis

Mika Ito

Abstract

The archaeological field known as archaeobotany involves inferring ancient human activities by investigating unearthed plant remains. At present, in contemporary archaeobotany, vegetable fibers is not included in the classification of plant remains. Vegetable fibers relics, which are composed of specific types of plant cells, are considered to correspond to small part of plant remains. Fibers recovered from ancient ruins and tumuli are often useful for inferring the lifestyles and cultures of ancient peoples. However, as these fibers are organic, they are highly susceptible to degradation and biological decomposition over time and seldom persist intact as excavated relics. Even when they do remain, microbial degradation and decomposition can markedly change their morphology. For example, carbonization can result in cause sample contraction, which can significantly alter the morphology of the original vegetable fibers. The simplest and most effective means available for identifying ancient fibers has been to compare them with authentic specimen fibers. However, as these relics can differ considerably from their original shape, such comparative methods often require that investigators have extensive experience and expertise in identifying fiber relics. Since it is difficult for most researchers to distinguish among relic fiber categories, such materials have been largely neglected as an archaeological material, even though vegetable fiber identification studies could be expected to broaden our understanding of the historical background of archaeological finds.

The present study was undertaken to develop objective methods for identifying vegetable fiber relics through the statistical analysis and comparison of observations and measurement data obtained from several kinds of vegetable fibers, including artificially carbonized or enzymatically degraded vegetable fibers. The samples included fibers from the following nine species that have

been used in Japan since ancient times: hemp, ramie, kudzu, linden, wisteria, mulberry, kozo, Japanese banana, and cotton. Since study samples collected in Japan are used for comparisons against unearthed materials, the species and the location of their current cultivation areas therefore needs to be clarified. For hemp, ramie, kudzu, linden, and Japanese banana grown in Tochigi, Gunma, Fukushima and Okinawa prefectures, the locales of their cultivation were confirmed by visiting their cultivation areas. Similarly, fiber samples of the other species were collected from sites where these species cultivation areas were clarified. The morphology of untreated, artificially carbonized, and artificially deteriorated samples were then observed by scanning electron microscopy. Specifically, fiber diameter and cross-sectional area and width were measured, and variations in individual differences were clarified by statistical analysis. The changes in the morphology of each fiber type were then characterized to extract features that could be used for fiber identification. The results showed that it was possible to identify changes in the cross-sectional area of the artificially carbonized fibers as well as to characterize features of the decomposition process of each artificially degraded fiber type. For hemp fiber, the cross-sectional area was used as a proxy for fiber thickness. Specifically, the cross-sectional area and width of eight hemp populations from different production areas were examined. The differences in fiber thickness were then compared by multiple comparison analysis. The findings showed significant differences among populations from different production areas, as well as among fibers from populations from the same locale. Furthermore, the results of the statistical comparisons differed depending on the physical condition of the samples. Thus, untreated fibers from populations that were significantly different from populations from other production areas were not significantly different from the fibers of from other production areas after rapid carbonization. These findings showed that it is important to consider the changes in the characteristics of fibers that arise due to carbonization, deterioration and decomposition when identifying plant fibers in relics.

Biological minerals (phytoliths) are inorganic substances that accumulate in the cells of a plant

during its growth. They are comprised mainly of non-crystalline silicas (silicas) and crystalline calcium oxalates (crystals), and can be observed under a microscope or by other means in the ashes of incinerated plant tissues. In both plant taxonomy and archaeology, the presence and morphological characteristics of phytoliths can be effective for differentiating among plant species and their fibers. In the present study, the potential application of phytoliths to supplement identification based on fiber morphology was assessed. Specifically, the morphology of crystals in ashes obtained by combusting vegetable fibers of the nine plant species was examined by scanning electron microscopy. The results showed that the crystals in hemp and ramie were druse-shaped, while those in kudzu, linden, mulberry, and Japanese banana were quadrangular or hexagonal. In addition, individual crystals tended to differ in size and observation frequency. In wisteria, decahedral-shaped phytoliths were observed with extremely high frequency. Conversely, relatively few crystals were observed in cotton. The finding that the crystals found in ashen materials appeared to resist the effects of carbonization and degradation meant that the morphology of these crystals was well suited to fiber identification.

Based on these findings, seven types of vegetable fiber relics from the Tumulus to Taisho periods, including those excavated from digs at some cultural property centers and the museum at this school could be identified to species. The investigations were performed using relatively general-purpose analytical methods, such as optical and electron microscopy, Fourier transform infrared spectrophotometry, X-ray diffractometry, and X-ray fluorescence spectrometry. The results showed that utilization of the information on the changes in fiber size, morphology of the vegetable fibers after carbonization and degradation, and on the morphological characteristics of the phytoliths in the ashed ones improve the accuracy of their identifications.

These data can be used to identify actual unearthed carbonized and degraded fibers, increasing the robustness of investigations on ancient vegetable fibers in Japan.

目次

	頁
第1章 序論	1
1.1 植物繊維遺物の重要性	1
1.2 繊維遺物の鑑別に関する既往の研究	2
1.3 標品繊維の収集	4
1.4 研究の目的	14
1.5 本論文の構成	15
第2章 標品繊維の未処理・人工炭化・人工劣化の状態別形態比較	16
2.1 実験方法	16
2.2 標品繊維の形態比較結果および考察	18
2.3 大麻繊維8種の形態比較結果	23
小括	35
第3章 標品繊維の灰化物中の生体鉱物の特徴比較	36
3.1 実験方法	37
3.2 生体鉱物の特徴比較結果	37
小括	41
第4章 繊維遺物の分析と鑑別の試み	42
4.1 高尾山古墳の出土繊維：古墳時代	43
4.2 愛宕山遺跡の炭化繊維：平安時代	49
4.3 北斗遺跡の炭化繊維：擦文時代(本州の奈良・平安・鎌倉時代)	53
4.4 堂ヶ谷廃寺出土露金具内部の繊維：平安～鎌倉時代	62
4.5 駿府城内遺跡の出土繊維：室町時代	67
4.6 東宮遺跡の出土繊維：江戸時代中期(1783年)	74
4.7 本学所蔵の小忌衣：明治～大正時代	80
第5章 結論	
5.1 客観的指標1：標品繊維の状態別の形態	87
5.2 客観的指標2：標品繊維の灰化物中の生体鉱物	88
5.3 提案する客観的指標の繊維遺物への適用：繊維遺物分析と鑑別の試み	88
付録	
1. 標品繊維の収集(図の拡大)	89
2. 本学所蔵の小忌衣に関する付記	95
引用文献	110
本論文に関連する研究論文・報告書・学会発表	116
謝辞	119

第1章 序論

1.1 植物繊維遺物の重要性

考古学には植物考古学という分野が存在する。遺跡から出土する植物の遺存体から当時の人間の活動を推測する考古学の手法の一つであるが、考古学全体においてはマイナーな分野であると言える。植物遺存体は肉眼で見えるか否かによって、大型遺存体と微小遺存体に大別される。大型遺存体には、植物の種子や果実、木材などが含まれ、微小遺存体には、プラントオパール（植物珪酸体）や花粉などが含まれる。

1980年代(昭和55~64/平成元年)頃には大規模開発にともなって、低湿地帯という低地に水漬けの状態で保存されていた縄文時代遺跡の発掘調査事例が急増したことにより、通常の遺跡では残りにくい植物遺存体が腐敗せずに出土する事例が増え、さらに2000年代(平成12~21年)からの分析の技術的・方法的の著しい発展により最近の研究では、それまで一般的に狩猟・漁撈と単純な野生植物の採集を中心とした生活を送っていたと考えられていた約1万年以上前の縄文時代草創期・早期といった古い段階に、ウルシやアサ・ヒョウタンなどの外来植物・栽培植物だけでなく、縄文人が野生種を管理・栽培して次第に「栽培植物」となっていったものが日本列島にも存在していたことが分かってきた。そのような植物考古学の分野において、現在最も欠けているものが「繊維」の同定であるとされている。『さらにわかった！縄文時代の植物利用』（工藤ら：2017）の中で、植物形態学や古植物学、考古植物学を専門とする鈴木三男は「植物体は細胞が集まって組織を作り、その組織が組み合わさって器官を作っています。細胞、組織の大きさ、形態、組み合わせは植物の種類によってそれぞれ異なりますが、器官→組織→細胞と細分化につれて情報量は少なくなるので、同定がだんだん難しくなります。繊維は細胞レベルなので同定はきわめて困難で、現生植物繊維のデータベース構築と素材同定技術の開発が必須です」と記している。繊維も植物遺存体の一部と考えられるが、現在の植物遺存体の分類の中に繊維は含まれておらず、国立歴史民俗博物館が2016(平成28)年から公開している「日本の遺跡出土 大型遺存体データベース」(HP：2021)の分類にも繊維は存在しない。植物繊維が植物遺存体であるとするならば、繊維束や布片であれば肉眼で見ることができるので大型遺存体ともいえるが、約0.25 mmの大きさを境に微小遺存体と大型遺存体に分ける基準(辻ら：2000)に準じ、かつ、種実そのものは大型遺存体に分類されるが、種実の表皮細胞形態観察は大型植物遺存体分析に含めないという考え(南木：1986)に基づく、植物細胞の一種である繊維は微小遺存体に含まれるのではないかと考えている。

衣服や生活用品に利用される繊維製品は、いつの時代においても、常に人間のもっとも身近に存在するものである。従って、遺跡や古墳から出土した繊維遺物は、本来その時代

の植生や貿易・技術といった、当時の生活文化の様子が顕著に反映される調査対象である。しかし、主要な出土遺物である金属製品や土器に付着した繊維は、これらを保存処理する過程においては「厄介者」扱いにされがちであった。さらに、繊維は有機物であることに起因して劣化分解が進み易く、出土遺物として残ることが少ない。また、運よく遺物として残ったとしても、劣化や分解により激しく形態が変化していたり、何らかの原因で炭化したことによって繊維の収縮が激しく、原形とはかけ離れた形状・大きさとなっている場合もある。従来、繊維の鑑別には比較対象となる標品繊維との形態比較が最も簡便で有効とされており、原形とかけ離れた形状となってしまった繊維遺物の鑑別は困難であり、これら変形した繊維遺物の鑑別が行えるのは、専門知識と豊富な経験を有する一部の研究者に限られていた。しかし、考古学的価値を持ちつつも、あまり着目されずにきた繊維遺物の鑑別研究は、出土物の歴史的背景の理解をさらに広げられるものと考えられる。

1.2 繊維遺物の鑑別に関する既往の研究

日本における繊維遺物の鑑別に関しては 1950(昭和 25)年頃から蚕絹史(繊維)の研究に携わられた布目順郎がその先駆的役割を果たし、絹をはじめとする繊維遺物の網羅的な研究業績(布目：1992,1999a,b)を残している。布目は絹繊維について、断面積と断面完成度(繊維断面の最長径を直径として描いた円の面積に対する断面積の百分率で示したもの。繊維の扁平度を表す。)と断面の形状を指標として、鑑別を行っている。また、繊維の鑑別方法として、燃焼性や酸・アルカリに対する変化や捩じれ試験、紫外線照射、赤外線吸収スペクトル、X線回折像などの手法を挙げているが、経験上比較的効果を上げることができるとして顕微鏡による観察を挙げている。布目の顕微鏡観察の方法は主に、プラスチック板に小孔をあけ、その穴に繊維を通し、板に平行にカミソリで切断し、光学顕微鏡の透過光でその形状を観察するという手法をとっている。これらの手法で観察した植物繊維の特徴については、繊維細胞の長さ、幅について言及されているのは、もめん、大麻、亜麻、苧麻のみで、アカソ、タヌキラン、穀(かじ)・楮、葛、楡、藤(標記名は布目 1999c:の通り)についてはその形状の特徴の記録のみであった。繊維考古学については、東京国立博物館の沢田むつ代がこれまでほとんど研究の蓄積が無いことを指摘した上で、遺物としての出土繊維の扱い方や記録方法と織組織の観察方法を示し、それらの繊維がもたらす情報が従来考古学研究の欠落部分を補充しうる繊維考古学の可能性を説いている(沢田ら：2005)。機器分析手法を用いたものとしては、1995(平成 7)年に京都工芸繊維大学を退官後、奈良文化財研究所に移られた佐藤昌憲が行っている。佐藤ら(奥山ら：2012, 奥山ら:2014)は偏光顕微フーリエ変換赤外分光光度計(顕微 FT-IR)による特定ピーク比での大麻と苧麻の区別の可能性を提示したが、数百種の繊維試料を対象とした継続検証を行ったが確証に

至らなかった。また、佐藤の指導を受けた奥山誠義は高輝度光科学研究センターの大型放射光施設 SPring8 に設置されている放射光顕微赤外分析装置や放射光ラミノグラフィー、放射光 X 線 CT を用いて、極微小の出土繊維文化財試料を対象として、非破壊での絹・獣毛・皮革・植物の区別を実践している(奥山：2021)。Paul Garside と Paul Wyeth も、FTIR によるセルロース繊維の同定(Garside et al.：2003,2006)を試みていたが、それ以降の発展は発表されていない。

灰化物による植物の生体鉱物(ファイトリス)の研究史については、松谷暁子の「灰像と炭化像による先史時代の植物利用の探求」(松谷：2001)に纏められている。松谷は灰からイネ科植物を検出する方法を用いたトウモロコシの存在の検証を目的に、ペルーのコトシユ遺跡における灰像の観察に携わった。トウモロコシの存在実証は叶わなかったが、その後様々な遺跡における穀物植物の灰像の観察方法を光学顕微鏡観察から走査電子顕微鏡観察に移行させた研究者である。松谷によれば、1830 年代(天保 1~10 年)に Struve や Göppert らはイネ科やカヤツリグサ科の植物の灰を顕微鏡で観察し、植物表皮細胞に蓄積される無機物の一つであるケイ酸の特定の形状が観察されることを示し、その後、1920(大正 9)年に Molisch が主に植物の葉を加熱灰化して、分類的に特徴的な無機物の分布や形態を調べる手法を示したとされる。この無機物はシュウ酸カルシウムや炭化カルシウム、ケイ酸塩などである。これらのうち、考古学に適用されるのは、酸に溶けにくく、コムギ・オオムギ・イネといった穀類に多く含まれているケイ酸塩である。Molisch は日本語で「灰像」と和訳される Aschenbild あるいは Spodogram の命名者であり、1922~1925(大正 11~14)年に東北帝国大学(現：東北大学)理学部生物学教室に招聘されて教鞭をとり、日本に灰像法を広めた。その後の日本における灰像法の研究は、大きく 2 つの分野、一つは大木麒一に代表される植物分類学への適用、もう一つは、「灰像」という訳語の命名者でもある小原亀太郎に代表される応用植物学である鑑識*法(有用木材の識別や和紙の原料の識別)に分かれた。灰像による鑑識法の研究に用いられてきた試料は、大部分が双子葉植物の葉であったため、シュウ酸カルシウムについての報告が多く、これまでは考古学試料への適用は配慮されていない。今後、穀物以外の有用植物を研究対象とするには、こうした研究成果を考古学試料に応用するべきであろうと松谷は述べている。小原亀太郎と研究を共にした、河村正義は「繊維作物の灰像による鑑識」(河村：1955)など植物原料の鑑識に灰像の光学顕微鏡観察を用いた成果を残している。石井裕子は、シュウ酸カルシウムを試薬濃度と pH の変化によって水溶液中で 1,2 および 3 水和物の沈殿物として生成させたシュウ酸カルシウム結晶の形態と植物から抽出したシュウ酸カルシウム結晶を比較して、結晶化学的な検討を行っている(石井ら：1990, 石井：1990,1991)。Catling と Grayson が“Identification of Vegetable Fibres”の中で、フラックス(亜麻)、ヘンプ(大麻)、サンヘンプ(コヤシタヌキマメ)、ラミー(苧麻)、ジュート(黄麻)、ケナフ(洋麻)、ローゼル(紅葵)、サイザル(ザイザル麻)、アカバ(マニア麻)の各繊維の形態的特徴と共に、灰化させた繊維

中のシュウ酸カルシウム結晶(クリスタル)の観察を行っている(Catling et al. : 2004)。Cutter や Fahn の“Plant Anatomy” (植物解剖学)(Cutter : 1978, Fahn : 1982)の中でも、多種類の植物の中に集晶や角柱、斜方晶、束晶など様々な形のクリスタルが観察できることが記されている。Franceschi と Nakata は、藻から被子植物、裸子植物に至る光合成生物のすべてに分布するシュウ酸カルシウム結晶について、研究者たちのさまざまなアプローチによって解明が試みられた生合成経路、結晶成長調節機構およびシュウ酸カルシウム形成に特化した細胞の制御メカニズムについて考証している(Franceschi et al. : 2005)。Bergfjold と Holst(Bergfjold et al. : 2010)も、顕微鏡による形態観察に加えて、偏光顕微鏡を用いてシュウ酸カルシウム結晶を観察し、亜麻には結晶が見えず、ラミーとヘンプには主に集晶が見られ、ジュートには主に単晶が見られるという区別から繊維を識別する手法を報告しているが、その他の植物繊維についてのシュウ酸カルシウム結晶に関する報告の続報は出していない。また、Lukesova と Holst(Lukesova et al. : 2020)は植物繊維において断面形状の多角や楕円、丸みを帯びた多角といった情報やルーメンの狭くて丸いや細長いといった形状の情報は、繊維が植物から採取される際の精製の過程の影響もあるため、単一の情報では植物繊維の識別に機能しないことを提示し、正確な識別のためには繊維配向や生体鉱物などいくつかの方法を組み合わせることが必要であり、それでも確実な識別が保証されるわけではないため、考古試料から植物繊維種を特定するための新しい方法を探し続けることが重要であると述べている。

本研究においては、日本で利用されてきた植物繊維を対象として、未処理、炭化、劣化といった状態別での形態変化や断面積(太さ)の情報を収集し、さらに繊維を灰化して含まれるファイトリスの特徴の把握を行っている。このような、遺物繊維の鑑別を目的とした、日本古来の植物繊維の体系的な鑑別指標の報告はまだなされていない。

*：鑑識とは、「物事の性質、種類などを区別すること」という意味において、鑑別の類語である。文献における表記に準じた。

1.3 標品繊維の収集

本研究では、表1に示す繊維をはじめ日本で古代に利用されていたとされる繊維(布目：1999d)のうち、大麻(たいま；*Cannabis sativa* L. タイマ：韌皮繊維)*、苧麻(ちょま；*Boehmeria nivea* (L.) Gaudich. var. *concolor* Makino f. *nipponnivea* (Koidz.) Kitam. ex H. Ohba カラムシ：韌皮繊維)、葛(くず；*Pueraria lotaba* (Willd.) Ohwi subsp. *lobata* クズ：韌皮繊維)、科(しな；*Tilia japonica* (Miq.) Simonk. シナノキ：韌皮繊維)、藤(ふじ；*Wistaria floribundla* (Willd.) DC フジ：韌皮繊維)、梶(かじ；*Broussonetia papyrifera* (L.) L'Hér. ex Vent. カジノキ：韌皮繊維)、楮(こうぞ；*Broussonetia Kazinoki* Sieb. コウゾ：

靱皮繊維)と、芭蕉(ばしょう；*Musa Basjoo* Siebold ex Inuma バシヨウ：靱皮繊維)、和棉(わめん；*Gossypium arboretu* (L.) var. *obtusifolium* (Roxb.) Roberty ワタ：種子毛繊維)の繊維を加えた9種の植物繊維を対象とした(図1-1)。

*：()内は各試料の(読み；原料植物の学名および和名；繊維分類)

表1 日本の古代における植物繊維製品の初出時期(布目順郎氏の調査に基づく：布目1992)

時代	時期	植物繊維種
	草創期	大麻製縄
縄文時代	前期	タヌキラン(?)製縄、アカソ製アングイン様編布、アカソ(?)製縄、大麻製編物(織物?)、ヒノキ製編物
	後期	苧麻製アングイン様編布、オヒョウ製アングイン様編布
弥生時代	前期	藤などの樹皮製布(または麻布)
	中期	大麻布
	後期	木綿(ゆう)：楮あるいは穀(かじ)を材料とする
古墳時代	前期	葛、絹と苧麻の交織物
	中期	苧麻製撚紐
奈良時代		舶来品のもめん・羊毛・ラクダ毛

鑑別の標品となる植物繊維試料は、その繊維種や産地の正確さが重要である。本研究において標品繊維として入手した植物繊維は2011(平成23)年から2014(平成26)年にかけて収集した。栃木県産と群馬県産と福島県産の大麻・苧麻・葛・科・芭蕉の5種の繊維については、産地に赴き、栽培されている場所の確認を行い、可能なものは植物茎から自ら繊維組織の採取を行った。宮城県産、長野県産(美麻)、大分県産、および現在は栽培されていない栃木県の野生種の大麻繊維は栃木県立博物館の篠崎茂雄から譲り受けた。また、長野県産(鬼無里)の大麻繊維は、奈良文化財研究所に在籍(当時)の赤田昌倫から譲り受けた(図1-2)。それ以外の藤、梶、和棉については、日本において植物から自ら糸を作って織物をしている産地工房が会員となっている古代織産地連絡会の代表を務める大井川葛布工房の村井龍彦から譲り受けた。楮については、本学名誉教授で和紙研究の第一人者である増田勝彦から譲り受けた。

以下に、著者が繊維採取してきた繊維種について、その採集工程を記した。



図 1-1 標品植物纖維 9 種(試料名, 産地, 纖維分類)

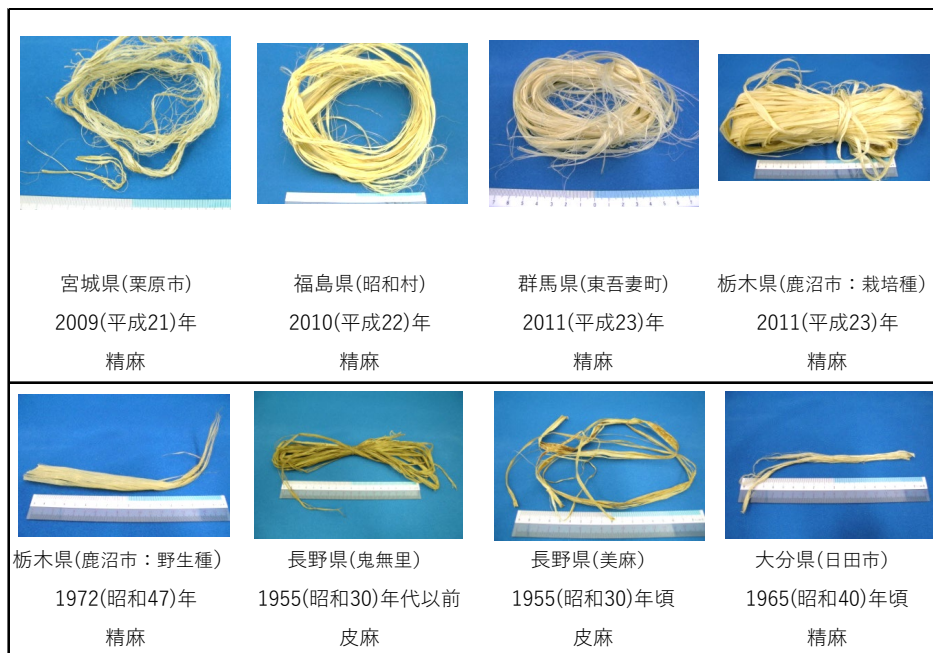


図 1-2 国内各産地の大麻纖維(産地, 採取年, 状態)

1.3.1 大麻繊維

大麻繊維は戦後、連合軍総司令部(GHQ)によってその栽培が制限されるまでは、縄文の時代から長く日常的に利用されてきた植物繊維である。栽培が免許制へと厳しく制限されたことにより、大麻の持つ薬物性が広く知られ、畑からの盗難が相次ぐようになった。現在では文化伝承のための栽培においてもその管理を厳しく問われ、人知れず栽培しなくてはならないような状況となっている。そのような大麻栽培の状況の中で、栃木県産の大麻は野州麻と呼ばれ、品種改良により無毒化した品種トチギシロを栃木県農業試験場が管理して、日本で唯一現在も産業用大麻の栽培を行っている。栃木県産の大麻繊維は、2011(平成 23)年の 7 月~12 月にかけて何度か大麻農家の大森由久を訪ね、畑や刈入後の灰煮や「ねど」と呼ばれる発酵槽への浸漬などを見学し、苧引きした繊維を譲り受けた(図 1-3)。群馬県の大麻は岩島麻と呼ばれ、群馬県吾妻郡東吾妻町にある岩島麻保存協会が唯一、大麻繊維の栽培を継承している。岩島麻保存協会は、全国に優良品種として名をはせた岩島の麻の貴重な生産技術を後世に残す目的で 1966(昭和 41)年に前身の大麻保存協議会が結成され、1977(昭和 52)現在の形に発足し、岩島麻保存協会の活動は、群馬県選定保存技術第 1 号に認定されている(東吾妻町役場：2016)。群馬県の大麻繊維は、2011 年 7 月 22 日に畑の見学をさせていただき、9 月 7 日に岩島麻保存会が刈入れた後の麻挽き体験をさせていただき、繊維を譲り受けた(図 1-4)。



野州麻畑の様子

2本接近させて生やす(2条撒きする)ことで枝葉の成長を防ぐことができる

刈り取られた茎



刈り取った茎は、「ねど」と呼ばれる発酵槽につけた後、布にくるんで発酵させて表皮を剥ぎ取りやすくする



発酵後、表皮を茎からはぎ取る。はぎ取った茎が「おがら」となる。
表皮は麻剥ぎ機で繊維質以外の部分を除去する。



乾燥させて、「精麻繊維」となる。

図 1-3 栃木県産 大麻繊維の採集



図 1-4 群馬県産 大麻繊維の採集

1.3.2 苧麻繊維

苧麻は「からむし」とも呼ばれ、もともとは山野に自生する植物である。福島県大沼郡昭和村では、これを畑に植えて長い年月をかけて品種が改良されてきた。栽培の起源は不明であるが、1783(天明3)年の浅間山噴火による天明大飢饉の記録に、苧麻の価格が下がったという記述があることから、そのころには商品として流通していたことが分かる。昭和村の苧麻は、2009(平成21)年にユネスコ無形文化遺産に登録された新潟県の小千谷

縮・越後上布の唯一の原料供給産地となっている。会津(昭和村)の苧麻と越後の関係は戦国時代に遡る。当時、越後を領した上杉家がもともと越後の魚沼地方で盛んであった品質の良い苧麻栽培に対してさらに畑の改良と栽培奨励を図り、財政基盤としたが、1598(慶長3)年に会津に国替えになった際、苧麻栽培の従事者を同行させ、会津全土に苧麻の栽培を命じ殖産興業政策に力を注いだことが、会津に苧麻栽培が根付き現在に至っている(平田：2011)。福島県産の苧麻は、からむし織の里 織姫交流館の企画する夏季2日間の苧引き体験コースへの参加で、植物としての苧麻の刈入から糸作りまでを行い、入手した(図1-5)。

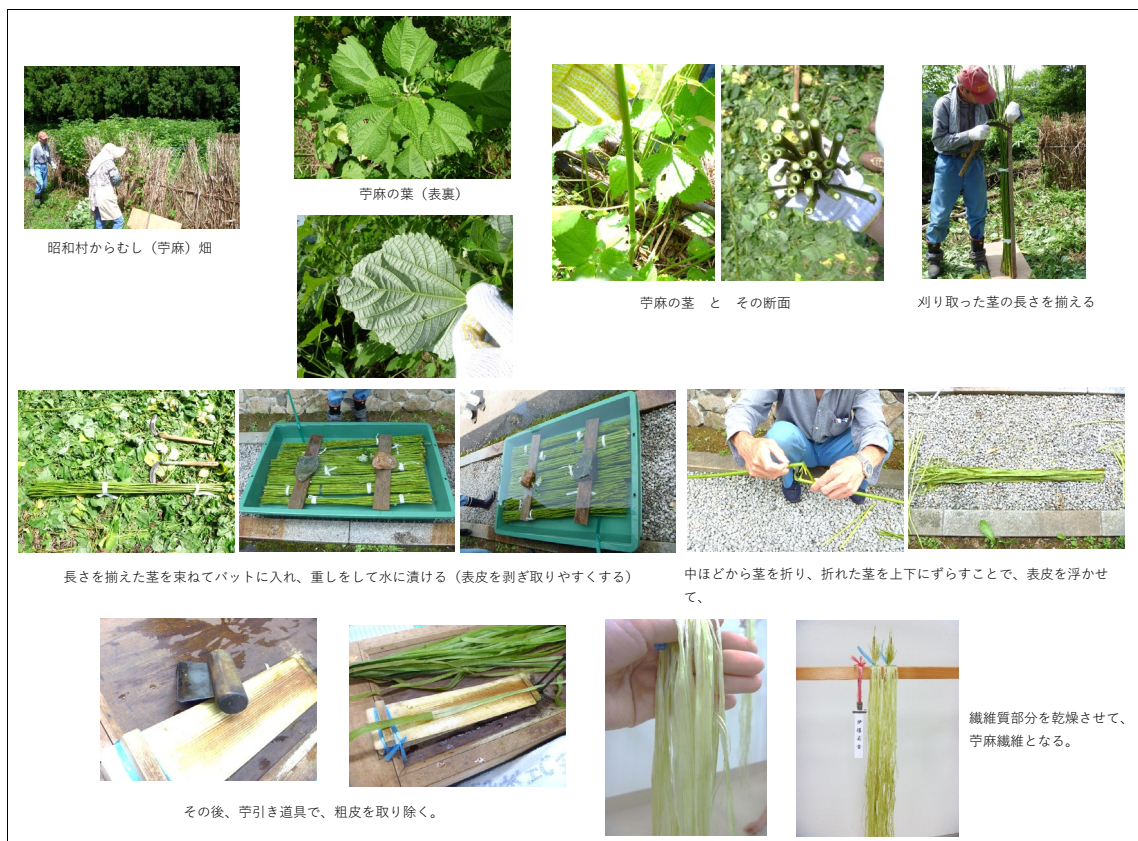


図1-5 福島県産 苧麻繊維の採集

1.3.3 葛繊維

葛は線路脇でも見かける身近な植物であり、その根は粉にして葛粉として食用となり、また乾燥させたものは風邪の薬、葛根湯としても知られているものである。中国大陸では紀元前4325年頃の江蘇省呉県草鞋山の遺跡から葛布が出土しているが、日本では古墳時代前期の九州大宰府菖蒲が浦古墳の銅鏡に付着したものが最古の葛布とされている(布目：1999c)。葛は他の靱皮繊維と異なり光沢があるため、織布も光沢を帯びている。そのため、貴族や高級武士の夏衣や袴に用いられてきた。戦国時代の武将上杉謙信の葛布で作られた水干袴が残っている。江戸時代にはその需要が高まり、袴の他に道中合羽

や夏の衣料として生産が増えていった。しかし、明治時代に入り衣料としての用途が狭くなり、新たな販路としてふすま地や海外向けの壁紙などに用途を変更していった(吉岡 a：2004)。静岡県産の葛繊維は、戦後まもなくの外貨獲得の一大産業であった葛布の生産の一端を担った 1950(昭和 25)年創業の静岡葛布有限会社が 1995(平成 7)年に改名、2006(平成 18)年から江戸時代の葛布の復元、研究をはじめた大井川葛布(村井：2013)にて、企画開催されている葛の刈り取りから発酵、川洗い、葛布織までを体験する夏季 5 日間の葛布ワークショップ(2012(平成 24)年 8 月 8 日~12 日)に参加して入手した(図 1-6)。

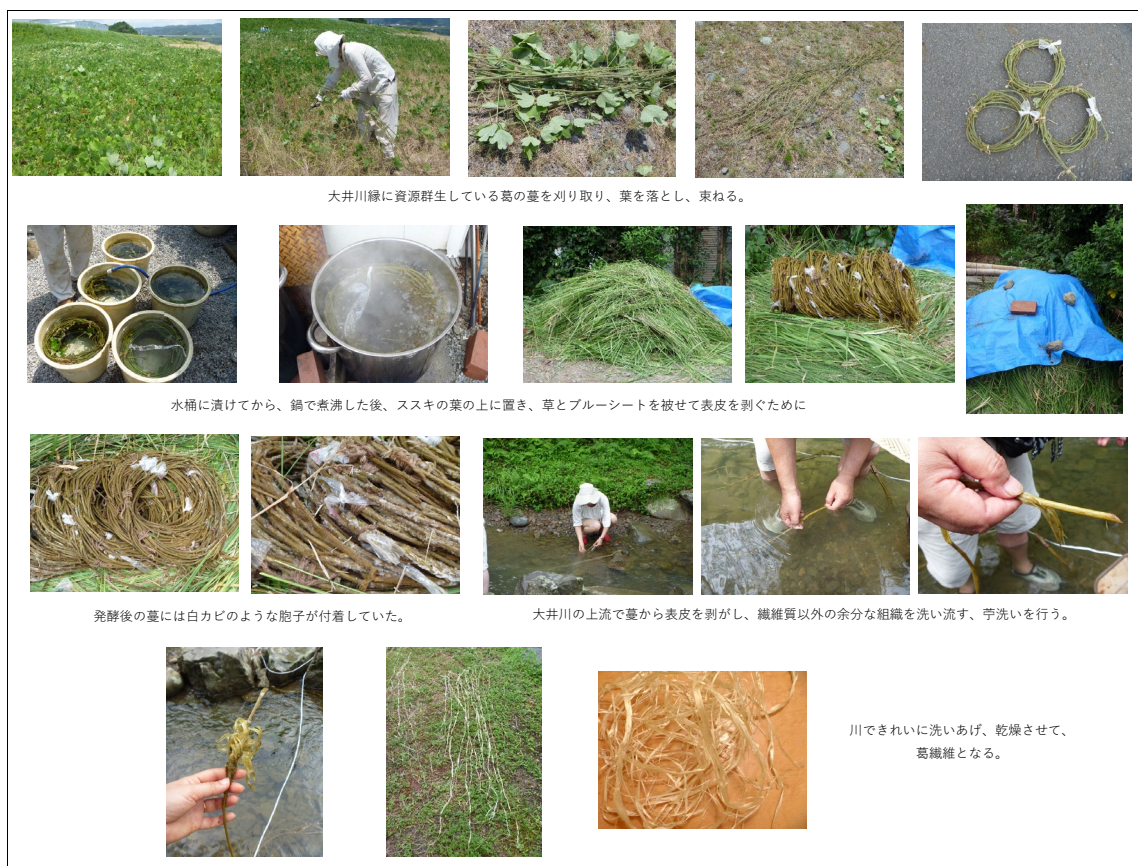


図 1-6 静岡県産 葛繊維の採集

1.3.4 科繊維

科はシナノキの樹皮を裂いた繊維で、その歴史は縄文・弥生にまで遡ると考えられるが、文献では 9 世紀の神楽歌にその名を見るのが初見とされる。シナノキは日本の特産で北海道から九州まで、山地ではどこにでも見られる高さ 10 メートルほどの喬木である。このシナノキは日本人にとって身近な有用な植物であり、13 世紀頃にはかなりの需要があったとされる科布もその後の大麻布、苧麻布、木綿布の普及によって第 2 次世界大戦

後には、新潟県と山形県の一部にしか生産拠点は残らなかった(吉岡 b: 2004)。山形県産の科繊維は、その起源ははっきりとはしないものの、中国から伝来した機織り機が全く改良されていないざり機で織られていたことから相当古くから「しな織」が行われていたと考えられる山形県と新潟県の県境に位置する関川でその保全活動を行っている関川しな織センター(山形県鶴岡市)が企画開催している3日間のしな織体験(2012(平成24)年3月28日~30日)に参加して入手してきた(図1-7)。



図1-7 山形県産 科繊維の採集

1.3.5 芭蕉繊維

芭蕉繊維で作られる芭蕉布は沖縄の織物のなかでも最も古い織物の一つと言われ、正確な起源は不明であるが、13世紀頃より織られ、遅くとも16世紀には現在と同じ技術で作られていたとされる。14~16世紀の大交易時代において、芭蕉布は大切な貿易品であった。また、薩摩侵入後は薩摩への貢納布や将軍家への献上品として贈られた。一方、沖縄の風土に適した芭蕉布は身分や貧富の差に関係なく着用されていた。かつてはどこでも織られていた芭蕉布であるが、現在は沖縄本島北部の大宜味村喜如嘉が主な産地となっている(沖縄文化社：2007)。喜如嘉の芭蕉布は1974(昭和49)年に国の重要無形文化財として認定されている(喜如嘉の芭蕉布保存会：2009)。沖縄県産の芭蕉繊維は、大井川葛布の村井氏が代表を務める古代織産地連絡会が企画した喜如嘉の芭蕉布と自然布ツアー(2014(平成26)年1月24日~28日)に参加して、芭蕉の刈入から繊維採取までを行い、入手した(図1-8)。



図1-8 沖縄県産 芭蕉繊維の採集

1.4 研究の目的

客観的な指標となりえる繊維の断面積や幅などの数値化されたデータに基づいた繊維遺物鑑別手法の開発が本研究の目的である。

本研究では、繊維遺物鑑別のための客観的な指標の模索と鑑別確度の向上を目的として、比較的汎用性の高い分析機器を用いた鑑別手法を検討してきた。当初は顕微 FT-IR 装置で繊維鑑別を試みられていた奈良文化財研究所の佐藤昌憲に助言頂きながら、汎用のフーリエ変換赤外分光分析装置 (FT-IR) を用いて赤外吸収の違いから鑑別の確度を上げられないか検討を行ったが、思うような差異は得られなかった。後に佐藤からも現状の測定方法での鑑別は難しいとの報告をいただいた。その後、佐藤の後進である奥山は、兵庫県にある高輝度光科学研究センターの大型放射光施設 SPring8 に設置されている放射光顕微赤外分析装置や放射光ラミノグラフィ、放射光 X 線 CT を用いて、極微小の出土繊維文化財試料を対象として、非破壊での動植物繊維の区別を実践している。しかし、このような施設の装置は汎用とは言い難く、自らの目指す手法とは異なるものであるため、原点の形態比較に立ち戻り、電子顕微鏡の中でも汎用性の高い走査電子顕微鏡 (SEM) で得られるデータの収集を行った。

初めに、植物繊維の微細組織を SEM で観測し、形態観察のみならず、単繊維の断面積と繊維幅の測定を行い、その解析に統計的手法を取り入れ、天然物ゆえの個体差のばらつきを考慮して、繊維種毎の特徴を捕えるためのデータを集めた。

次に、標品繊維を人工的に炭化もしくは劣化(酵素による分解)させて観察し、著しい形態変化のために繊維種を推定し難い場合の繊維遺物の鑑別の指標となるデータも取得した。また一部の繊維種については、これらの炭化もしくは劣化繊維の繊維幅や断面積の産地の違いによる差異についても検討した。さらに、植物の生育期間中に繊維細胞内に蓄積された生体鉱物(ファイトリス)にも着目した。ファイトリスは加熱灰化した植物組織中に顕微鏡等で観察することができる。灰化した組織中に観察できるということは、炭化繊維においてもその確認が可能になると考えた。このファイトリスには、細胞の鋳型として存在する非結晶質のケイ酸体(シリカ)と、結晶質のシュウ酸カルシウム(クリスタル)があるが、標品繊維に多く含まれていたクリスタルの特徴によって、遺物繊維の鑑別において可能性のある植物種を絞り込めるかを検討した。

本研究では、日本産の複数の植物種について、以上のような比較的汎用な分析機器を用いて、未処理の状態から炭化、劣化後の形態および繊維の断面積や幅の変化と、さらにはファイトリスに至る情報を網羅的に収集して繊維遺物鑑別の手法を開発することを目指した。このような研究手法の例は他になく、これらのデータは植物考古学において現在最も欠如している繊維の同定(工藤ら：2017)のための現生植物繊維のデータベース構築に寄与するものと考えている。

最後に、古墳時代から大正時代の7種の試料に抵抗し、その有効性を検討した。

1.5 本論文の構成

本論文は、以下(全5章)の構成からなっている。

第1章では、本研究の意義と目的、先行研究ならびに鑑別の基準となる標品繊維の入手先ならびに採集方法を明記した。本章の図1-3から1-8に示した大麻、苧麻、葛、科、芭蕉の繊維の採集は付録に拡大したものを付記する。

第2章では、標品繊維の未処理繊維・人工炭化繊維・人工劣化繊維の形態比較として、第1章で示した標品繊維について、それぞれの繊維の形態ならびに人工的に炭化および劣化した場合の形態変化について把握した。さらに国内産大麻繊維8種の形態比較による産地ごとの形態の特徴と大きさの有意差を未処理・人工炭化・人工劣化の状態別で検定した。本章の内容は、「顕微鏡による繊維私物鑑別のための基礎研究—国内産大麻の繊維断面積と繊維幅の比較—」日本文化財学会誌『文化財科学 第79号』(2019年9月6日発行)に掲載した内容を含む。

第3章では、標品繊維に含まれるファイトリスのうち、特にクリスタル(シュウ酸カルシウム結晶)に着目して、その形状を観察し比較した。本章の内容は、「Comparison of Phytoliths in Vegetable Fibers(植物繊維の生体鉱物の比較)」日本文化財学会誌『文化財科学 第82号』(2021年2月15日発行)に掲載した内容に基づいている。

第4章では、遺物繊維の分析と鑑別を行った。本章には、「出土繊維鑑別のための基礎研究—北斗遺跡出土炭化繊維と炭化させた現存植物繊維の比較—」日本文化財学会誌『考古学と自然科学 第51号』(2005年3月31日発行)、「東宮遺跡出土の繊維遺物について」群馬県埋蔵文化財調査事業団『研究紀要31』(2013年3月19日発行)、「堂ヶ谷廃寺出土露金具内部の繊維について」静岡県埋蔵文化財調査研究所『調査報告第219集 堂ヶ谷廃寺・堂ヶ谷経塚』(2010年3月25日発行)、「長谷津遺跡の繊維遺物について」財団法人群馬県埋蔵文化財調査事業団『調査報告書 第541集 長谷津遺跡』(2012年3月16日発行)、「2.高尾山古墳の繊維遺物について」沼津市教育委員会『沼津市文化財調査報告書第104集 高尾山古墳発掘調査報告書』(2012年3月30日発行)に掲載した内容が含まれる。

第5章では、結論として本研究の成果をまとめた。

第2章 標品植物繊維の未処理・人工炭化・人工劣化の状態別形態比較

日本の植物繊維は縄文時代から縄や衣服の材料などに用いられてきたが、主成分が有機物であるため、遺物として発見された際には土壤中の微生物などによって組織が分解している状態や炭化して形態が変化した状態であることが多い。一般に繊維遺物の鑑別には標品繊維との形態比較が最も簡便で有効であるが、組織分解した劣化繊維や炭化繊維などのように原形と形態が異なってしまった繊維遺物は鑑別が困難である。そこで、市販の麻繊維や学習教材用試料繊維および遺跡周辺の現生植物繊維を走査型電子顕微鏡で観察し、多数の繊維幅および断面積を測定し、個体差によるばらつきを統計処理によって把握した上で繊維種毎の特徴を捉えるとともに、人工的に炭化させた繊維についても同様にデータを集め、鑑別の指標の一つとしての利用を検討した(伊藤ら：2002, 2005)。

本研究では、古来日本において利用されてきた産地の明確な植物繊維について、炭化した出土物を想定して人工的に炭化させた繊維、また、微生物による劣化を想定して酵素を用いて劣化させた繊維を作製し、繊維の形態の変化について観察・測定を行い、未処理の標品繊維と比較して、遺物繊維鑑別のためのデータを取得した。

加えて、同一種の植物繊維の繊維幅や繊維断面積について個体差によるばらつきを統計処理によって把握したうえで、これらの値が産地間で統計的に有意であるならば、出土繊維の産地の推測に有用な根拠となることが期待される。そこで、現在は免許制で栽培規制されているが、かつて日本国内で広く生産されていた大麻繊維を対象として、入手できた6県8種の繊維について、太さ(繊維幅および断面積)を産地間で統計的に比較し、太さの近い産地群をグルーピングすることを試みた。また、炭化繊維・劣化繊維を想定して処理を行った繊維についても同様の手法によって産地群のグルーピングを試みた。

2.1 実験方法

2.1.1 試料

大麻、苧麻、葛、科、藤、梶、楮、芭蕉および和棉

(入手方法ならびに詳細は、「1.3 標品繊維の収集」を参照)

2.1.2 前処理

大麻繊維は未処理の状態では単繊維同士の膠着が著しく、繊維断面の輪郭を識別することが困難であった。このため、大麻繊維の苧績み(糸作り)の前処理法(菅家ら：2001)を参考にして、各試料を米のとぎ汁に浸漬(40℃保温で2時間、保温停止後2時間の計4時間)後、もみほぐし、流水洗浄し風乾させたものを分析試料とした。

2.1.3 人工炭化処理

熱分析装置(DSC6200：セイコーインスツルメンツ製)を用い、窒素ガス雰囲気下(50 ml/分)で昇温速度 1°C毎分および 20°C毎分でそれぞれセルロースの熱分解において炭化残差が生成される 450°C(平田：2013)まで加熱し人工炭化繊維を作製した。

2.1.4 人工劣化処理

セルラーゼの活性測定(B. Adney ら：2008)に準じて、各試料 50 mgに 50 mM クエン酸緩衝液(pH4.8)を 1 ml 加えプレインキュベーションした後、セルラーゼ・ヘミセルラーゼ・ペクチナーゼを含む細胞壁消化酵素である担子菌類由来のドリセララーゼ(SIGMA-ALDRICH 製)2%溶液を 0.5 ml(終濃度 0.6%)加え、30°Cの湯浴中で 48 時間反応させた後、沸騰湯浴中で酵素を失活させ、蒸留水で吸引ろ過しながら洗浄し、風乾させたものを人工劣化繊維とした。

2.1.5 観察および断面積・繊維幅(長径)の計測

分析試料は、低温アセトン包埋割断法(本間ら：2011)により切断面を作製し、イオンスパッタリング装置(AT-ET：ATA 製)で金蒸着を施し、走査型電子顕微鏡(SEM)(JSM-6010LA：日本電子製)を用いて加速電圧 5 kVもしくは 10 kVで観察した。試料の顕微鏡像のなかで繊維軸に垂直に割断された単繊維を選び、観察ソフトウェア(In Touch Scope Ver.1.11：日本電子製)の測長機能を用いて、単繊維断面の長径を繊維幅として測定し、また単繊維断面の外郭をトレースすることによって繊維断面積を計測した。なお、本計測数値は、像観察における電子線の振り幅を倍率と画素数で換算して求めており、ソフトウェア等による補正は行っていない。

2.1.6 大麻繊維の統計処理

大麻繊維については、各産地の繊維断面積の平均値の差を調べるため、統計ソフト(SPSS)を用いて、一元配置分散分析を行い産地間の平均値の有意差を確認した後、等分散が仮定されていない多重比較法である Dunnett T3 でどの産地間に有意差があるのかを検定した。

なお、繊維幅については、図 2-1 に示す通り、楕円形もしくは楕円に近い多角形の繊維断面において、最も径の長い両端を直線的に計測したものであり、断面が湾曲した楕円形の場合は、湾曲状態のまま最も径の長い両端を直線的に測定した。従って繊維幅の平均値には湾曲による誤差が含まれているため、検定は行わなかった。

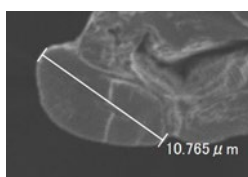


図 2-1 繊維断面における繊維幅最大径の直線的測定方法
(福島県産大麻昇温速度 1°C 毎分炭化繊維)

さらに、変数として繊維断面積と繊維幅の平均値を用いたクラスター分析により、産地をグループに分類することを試みた。各試料について、繊維断面積平均値を X 軸、繊維幅平均値を Y 軸として散布図を作成した。Ward 法によるクラスター分析を行い、クラスターの間隔の測定方法には平方ユークリッド距離を用いて、デンドログラムを作成した。このデンドログラムをもとに、クラスターを 2 つもしくは 3 つにグループ分けした。各クラスターの特徴を検討するために、クラスターを独立変数、繊維断面積を従属変数とする一元配置分散分析を行った。

2.2 標品繊維の状態別の形態比較結果および考察

2.2.1 形態の比較

それぞれの繊維試料の未処理、人工炭化後、人工劣化後の繊維断面の SEM 観察像を図 2-2 に示す。なお、大麻繊維については、前項でその形態特徴等を述べたが、比較対象として、栃木県産の栽培種のデータを併記した。

未処理試料の繊維表面観察では、それぞれの繊維の精錬方法や精錬度合いも異なるため、一概に比較はできないが、科、藤、楮などの皮層の厚い植物から採取したものは繊維部以外の夾雑組織が多く、精錬の困難さがうかがわれた。繊維断面においては、大麻、苧麻、葛、科、藤、梶ではいずれも短繊維同士の膠着は認められたが、中でも葛、科、藤、梶の繊維は、繊維がより密に膠着しており、特に科の繊維の膠着は著しかった。芭蕉の表面は滑らかで、断面観察においては、単繊維の膠着がみとめられた。和棉の表面観察においては、単繊維が独立しており特徴的な撚りを有していた。

人工炭化した試料の断面観察においては、2 種の昇温条件において、ほとんどの試料は未処理の繊維断面の形を維持したまま収縮したが、葛は繊維断面におけるルーメンの領域が 1°C 毎分のゆっくりとした昇温条件で拡大し、芭蕉は繊維断面におけるルーメンの領域が 20°C 毎分の早い昇温条件で拡大した。このように炭化にいたる加熱速度の違いによって繊維断面の形態が異なる例は外国産の黄麻においても観察されている(伊藤ら：2002)。

人工劣化した試料においては、全ての繊維において後述する大麻繊維同様に分解が進み、繊維内部の空洞化が認められたが、未処理の状態では単繊維が膠着して集合体となっていた葛、科、藤、梶、芭蕉の酵素の作用を受けやすい部分は、葛では繊維中心部と外周部、科では繊維内部、藤と梶では繊維外周部、芭蕉では繊維中心部とそれぞれ異なっていた。

2.2.2 断面積、繊維幅の比較

それぞれの繊維試料の未処理、人工炭化後、人工劣化後の単繊維 50 本の平均繊維断

面積値、平均繊維幅を表 2-1 示す。人工劣化処理試料の断面積値は、外殻から求めた断面積値から酵素分解によって生じた内部の大きな空洞化部分の面積値を差し引いた値である。断面内部の小さな空間を区別して計測することが困難で劣化後の残存面積を正確に示しているものではないため、本研究では形態変化の目安として位置付けた。

人工炭化による繊維の収縮度合については、単繊維 50 本の断面積平均値を未処理繊維の平均値を 100 としたときの収縮率(%)にして表 2-2 に示す。今回の試料においては、未処理の状態の平均断面積値が $150 \mu\text{m}^2$ 以上の繊維(大麻、苧麻、楮)については、 1°C 毎分昇温の炭化条件下による繊維の収縮が大きく、 $150 \mu\text{m}^2$ 以下の繊維(葛、科、藤、梶、芭蕉、和棉)については、 20°C 毎分昇温の炭化条件下での収縮が大きいという傾向がみられた。炭化は有機物の分解と重縮合等を繰り返し、炭素が濃縮される化学反応である(新村ら：1998)。植物繊維の主成分であるセルロースの熱分解は、温度上昇に伴う結晶構造の転移や水素結合の分解による非晶化などの変化の後に、グルコシド結合のランダムな切断に始まるモノマー(レボグルコサンを主体とする無水グルコース)の生成および分子内・分子間の水酸基間の反応により脱水が起こる。水酸基が変性すると母体の構造単位はモノマーに変換されないので、モノマーの生成と脱水は競争関係にある。熱分解経路はこの時点で2つに分岐し、モノマーは揮発して系を去り、脱水などによって分子内および分子間架橋を形成したフラグメントは縮合などによって水やガスを生成しながら炭化経路を進む。炭化反応は複雑で、多数の反応が関与するが、まとめると図 2-3 に示す通り、脱水などにより水酸基が変性されて構造単位のリボグルコサンなどの構造単位を生成する解重合を行うことができなくなった分子鎖が母体となる。この分子鎖で脱水素、脱炭素を伴うカルボニル基の形成、C-C および C-O の結合の切断、不飽和が起こり、脂肪族構造となり、さらに縮合の繰り返しによって多環芳香族構造体となり、やがてはさらに安定なグラファイトが形成される(平田：2013, 平田ら：1998)

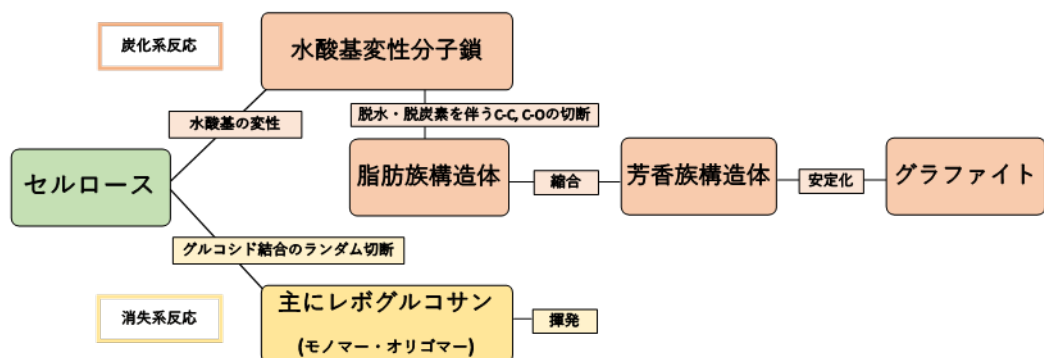


図2-3 セルロースの炭化過程

考えられる。さらに図 2-4 に示すように、ヒストグラムで視覚化すると、例えば葛(下記図黒太枠)の未処理繊維の断面積は $12\text{-}99\ \mu\text{m}^2$ のバラツキがあったが、炭化後の繊維は $3\text{-}18\ \mu\text{m}^2$ の範囲に収束し、 $7\text{-}16\ \mu\text{m}^2$ の範囲に最も多く収束した。繊維収縮は炭化前の断面積の分布に比例した形で収縮するのではなく、一定の範囲の断面積値に集中し、分散が収束することが分かる。

これらの実験の結果から、炭化もしくは劣化した繊維遺物の鑑別においては、炭化に至る条件によって異なる形態変化や断面積値の繊維種毎の収束範囲を把握や、劣化分解の作用機序の違いの知見データを蓄積することによって、鑑別確度の向上が期待される。

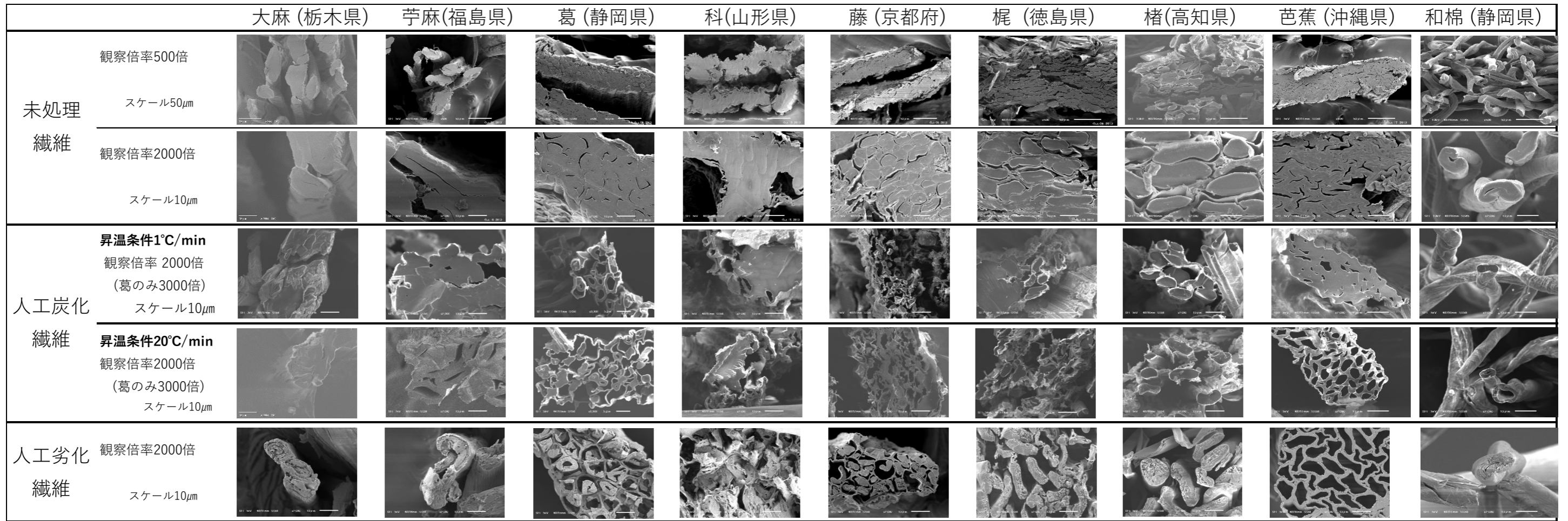


図2-2 各標品繊維の未処理、人工炭化後、人工劣化後の単繊維の走査型電子顕微鏡観察像

表2-1 各標品繊維の未処理、人工炭化後、人工劣化後の各試料単繊維50本の平均断面積ならびに平均繊維幅

繊維種	未処理繊維		1°C毎分昇温炭化繊維		20°C毎分昇温炭化繊維		人工劣化繊維(トリスレーゼ分解)	
	平均断面積(μm^2)	平均繊維幅(μm)	平均断面積(μm^2)	平均繊維幅(μm)	平均断面積(μm^2)	平均繊維幅(μm)	平均断面積(μm^2)	平均繊維幅(μm)
大麻	180 (74)*	25 (9)*	36 (29)*	9 (4)*	52 (25)*	11 (3)*	166(73)*	23(7)*
苧麻	286 (181)	30 (15)	85 (35)	15 (4)	114 (41)	19 (5)	246(117)	29(11)
葛	42 (16)	9 (2)	10 (3)	5 (2)	8 (3)	4 (1)	36(12)	9(2)
科	85 (43)	15 (4)	42 (19)	10 (3)	33 (20)	8 (3)	77(23)	16(3)
藤	29 (9)	8 (1)	7 (2)	4 (1)	4 (1)	3 (1)	20(10)	7(2)
梔	76 (29)	16 (4)	28 (18)	8 (2)	19 (7)	8 (2)	77(29)	16(4)
楮	173(114)	22(7)	43 (20)	11 (3)	52 (23)	11 (3)	118(63)	17(5)
芭蕉	51 (15)	16 (7)	14 (5)	7 (2)	14 (4)	8 (2)	33(14)	13(3)
和棉	148 (56)	22 (6)	46 (15)	15 (2)	45 (16)	11 (3)	130(44)	19(5)

()*:標準偏差

表2-2 各標品繊維の未処理繊維の断面積平均値を100としたときの人工炭化繊維の収縮率

繊維種	人工炭化繊維の収縮率 (%)	
	1°C毎分昇温	20°C毎分昇温
大麻	20	29
苧麻	30	40
葛	24	19
科	49	39
藤	24	14
梔	37	25
楮	25	30
芭蕉	27	27
和棉	31	30

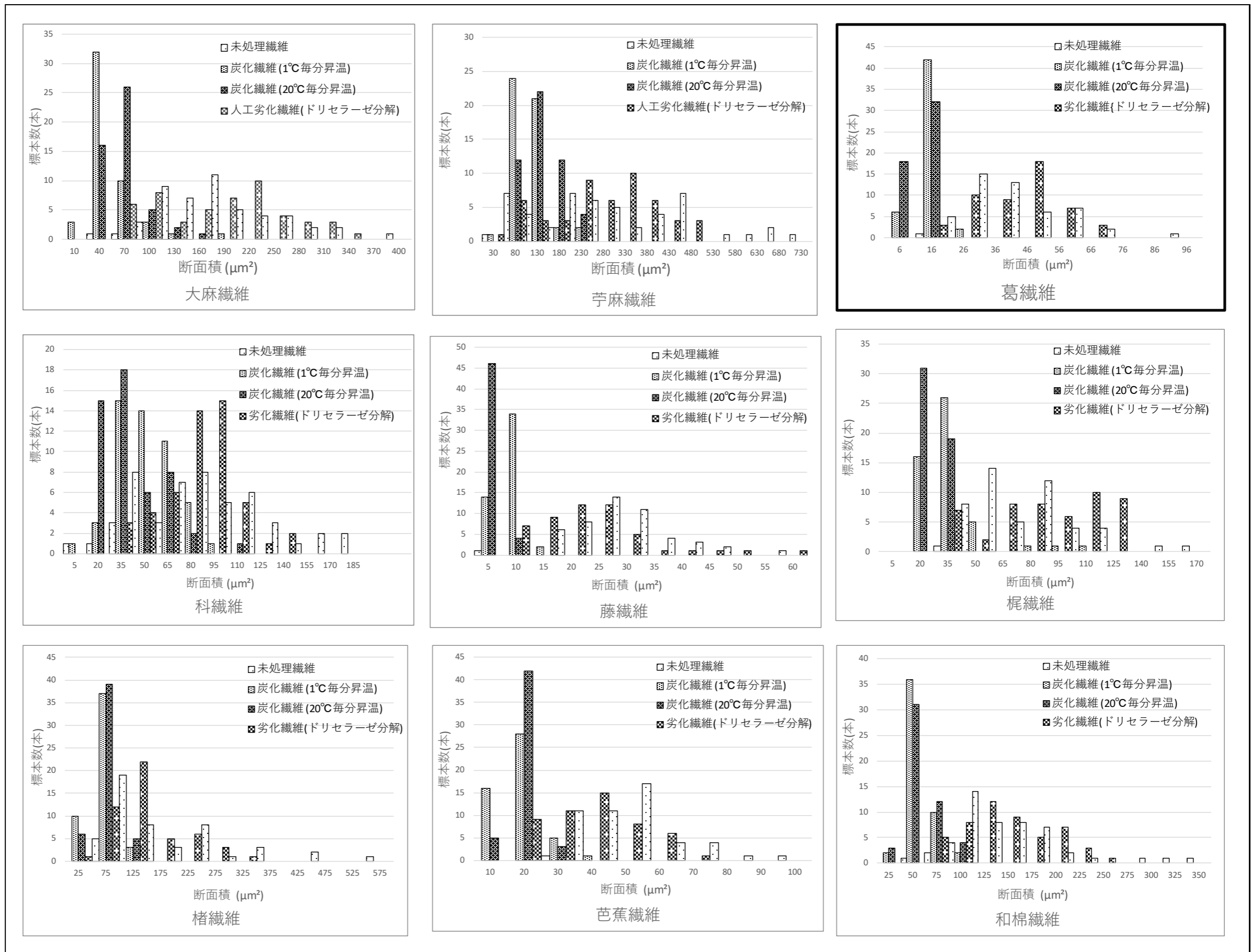


図2-4 各繊維の未処理, 人工炭化後, 人工劣化後の単繊維断面面積のヒストグラムの比較

2.3 大麻繊維 8 種の比較結果および考察

2.3.1 形態、断面積、繊維幅の比較

国内各産地の大麻繊維(単繊維)の未処理、人工炭化後、人工劣化後の繊維断面の SEM 観察像を図 2-5 に、各試料の単繊維 50 本の平均繊維断面積値、平均繊維幅を表 2-3 に示す。

未処理の状態での宮城、福島、群馬、栃木(栽培種)産の単繊維の形状は、楕円もしくは楕円に近い多角形であり、類似していた。栃木(野生種)、長野(鬼無里)、長野(美麻)、大分産の単繊維は前者に比べ扁平な楕円が多くみられた。今回実験に用いた大麻繊維全体の平均断面積値は $253 \mu\text{m}^2$ 、平均繊維幅は $25 \mu\text{m}$ で、断面積は文献値(大沼ら:1990)の $297 \mu\text{m}^2$ よりやや小さく、繊維幅は $22 \mu\text{m}$ よりやや長い値であったが、測定値と文献値は矛盾しない値であった。平均断面積値が最も小さい(細い)繊維は宮城県産、最も大きい(太い)繊維は大分県産であった。また、繊維幅(長径)が最も小さい繊維は福島県産、最も大きい繊維は大分県産であった。

人工炭化処理によって、単繊維は未処理繊維の形態をほぼ保持したまま全体が収縮し、未処理を 100 とした時の断面積の相対値(表 2-4)は、昇温速度 1°C 毎分での炭化で 15%~27%、昇温速度 20°C 毎分での炭化で 21%~35%となり、時間をかけてゆっくり炭化したほうが速い昇温での炭化より収縮が大きい傾向が見られた。

人工劣化による繊維の形態変化としては、繊維内部は酵素作用を受けやすい部分から分解され、空洞化する様子が観察された。繊維の収縮率は、単繊維全体が収縮した人工炭化に比べると小さかった。人工劣化処理試料の断面積値は、外殻から求めた断面積値から酵素分解によって生じた内部の大きな空洞化部分の面積値を差し引いた値である。

従って細胞間に生じた微小な空間は面積値に含まれており、劣化後の残存面積を正確に示しているものではないため、本研究では形態変化の目安として位置付けた。

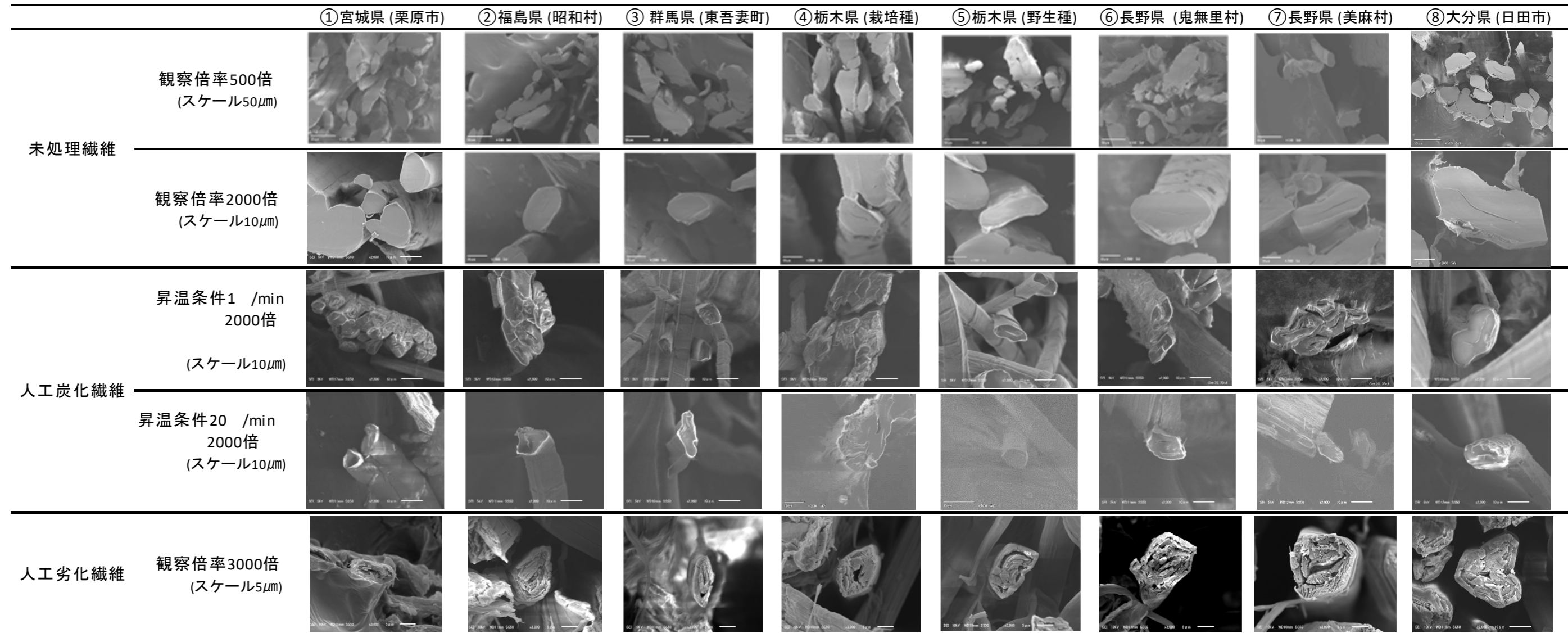


図2-5 国内各産地の大麻繊維(単繊維)の未処理、人工炭化後、人工劣化後の走査型電子顕微鏡観察像

表2-3 国内各産地の大麻繊維の未処理、人工炭化後、人工劣化後の単繊維各50本の平均繊維断面積値と平均繊維幅

		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
		宮城県(栗原市)	福島県(昭和村)	群馬県(東吾妻町)	栃木県(栽培種)	栃木県(野生種)	長野県(鬼無里村)	長野県(美麻村)	大分県(日田市)
未処理繊維	断面積(μm ²)	136(70)*	176(142)	156(86)	180(74)	277(141)	293(167)	299(153)	508(300)
	繊維幅(μm)	19(6)	18(6)	23(8)	25(9)	28(8)	28(10)	27(8)	32(11)
人工炭化繊維 (昇温条件1℃/min)	断面積(μm ²)	20(13)	39(16)	36(17)	35(29)	75(39)	74(59)	67(37)	107(67)
	繊維幅(μm)	7(3)	8(2)	10(3)	9(4)	14(4)	15(5)	14(5)	16(6)
人工炭化繊維 (昇温条件20℃/min)	断面積(μm ²)	42(24)	43(21)	54(27)	52(25)	68(45)	103(61)	91(42)	107(67)
	繊維幅(μm)	9(4)	10(3)	12(4)	11(4)	12(6)	13(6)	17(5)	16(4)
人工劣化繊維	断面積(μm ²)	82(49)	130(42)	120(55)	157(89)	217(103)	160(87)	210(87)	412(174)
	繊維幅(μm)	16(5)	17(3)	17(4)	19(6)	22(6)	19(5)	23(6)	31(8)

* ()内は標準偏差

表2-4 国内各産地の未処理大麻繊維の断面積平均値を100としたときの人工炭化繊維の収縮率

大麻	1℃毎分昇温	20℃毎分昇温
	収縮率(%)	収縮率(%)
① 宮城県(栗原市)	15	31
② 福島県(昭和村)	22	24
③ 群馬県(東吾妻町)	22	32
④ 栃木県(栽培種)	19	29
⑤ 栃木県(野生種)	27	25
⑥ 長野県(鬼無里村)	25	35
⑦ 長野県(美麻村)	22	30
⑧ 大分県(日田市)	21	21

2.3.2 未処理繊維の断面積値の産地比較

未処理繊維の各産地の断面積値の平均の差を調べるために一元配置分析を行った。表 2-4 に記述統計、表 2-5 に等分散の検定の結果を示す。等分散の検定の結果、有意確率が $p < 0.001$ で「各産地の分散は等しい」という仮説が棄却されたため、分散分析によらずグループ間の差を検定する平均値同等性の耐久検定を行い、表 2-6 に示す Welch および Brown-Forsythe の両検定ともに有意確率 $p < 0.001$ であったため、産地によって平均値に有意な差があると判断した。その後の検定として表 2-7 に示す、等分散を仮定しない Dunnett T3 による多重比較を行い、どの産地間に有意差があるのかを調べた。これらの結果から、各産地の平均断面積は、宮城県産と福島県産と群馬県産と栃木県産(栽培種)は、それぞれ栃木県産(野生種)と長野県産(鬼無里)と長野県産(美麻)との間に有意差があり(1)と2)で表示)、前者の方が有意に断面積が小さいことが分かる。さらに大分県産は、他のどの産地よりも有意に断面積が大きく(3)で表示)、その差は顕著であった。

表2-4 国内各産地 未処理大麻繊維 断面積(μm²) 記述統計

	標本数	平均値	標準誤差	最小値	最大値	平均値の 95% 信頼区間	
						下限	上限
宮城県産大麻	50	135.5	9.9	32	427	115.6	155.3
福島県産大麻	50	176.4	20.1	28	694	136.0	216.8
群馬県産大麻	50	156.0	12.1	17	404	131.6	180.3
栃木県産(栽培種)大麻	50	180.0	10.4	32	386	159.1	200.9
栃木県産(野生種)大麻	50	277.3	19.9	15	638	237.3	317.3
長野県産(鬼無里)大麻	50	293.0	23.6	71	765	245.5	340.5
長野県産(美麻)大麻	50	298.5	21.6	51	844	255.1	341.8
大分県産大麻	50	507.9	42.4	23	1212	422.6	593.2
合計	400	253.1	9.7	15	1212	234.1	272.1

表2-5 国内各産地 未処理大麻繊維 断面積(μm²)
等分散性の検定

Levene 統計量	自由度 1	自由度 2	有意確率
24.562	7	392	$p < 0.001$

表2-6 国内各産地 未処理大麻繊維 断面積(μm²)
平均値同等性の耐久検定

	統計量 ^a	自由度 1	自由度 2	有意確率
Welch	22.211	7	165.943	$p < 0.001$
Brown-Forsythe	29.801	7	187.348	$p < 0.001$

a. 漸近的 F 分布

表2-7 国内各産地 未処理大麻繊維 断面積(μm²) Dunnett T3法による多重比較

	宮城	福島	群馬	栃木(栽培種)	栃木(野生種) ²⁾	長野(鬼無里) ²⁾	長野(美麻) ²⁾	大分 ³⁾
宮城 ¹⁾	—	ns	ns	ns	***	***	***	***
福島 ¹⁾		—	ns	ns	*	**	**	***
群馬 ¹⁾			—	ns	***	***	***	***
栃木(栽培) ¹⁾				—	**	**	***	***
栃木(野生)					—	ns	ns	***
長野(鬼無里)						—	ns	**
長野(美麻)							—	**
大分								—

ns:有意差なし, *:5%水準で有意差あり, **:1%水準で有意差あり, ***:0.1%水準で有意差あり
1)と2)の間に有意差あり1)の方が有意に断面積が小さい。3)はどの産地よりも有意に断面積が大きく顕著な差がある。

2.3.3 人工炭化処理繊維の断面積値の産地比較

炭化させた繊維の断面積値の平均の差を調べるために一元配置分散分析を行った。昇温速度 1°C毎分で炭化した繊維の断面積について、表 2-8 に記述統計、表 2-9 に等分散の検定の結果を示す。等分散の検定の結果、有意確率が $p < 0.001$ で「各産地の分散は等しい」という仮説が棄却されたため、分散分析によらずグループ間の差を検定する平均値同等性の耐久検定を行い、表 2-10 に示す平均値同等性の耐久検定を行い、Welch および Brown-Forsythe の両検定ともに有意確率 $p < 0.001$ であったため、産地によって平均値に有意な差があると判断した。その後の検定として表 2-11 に示す、等分散を仮定しない Dunnett T3 による多重比較を行い、どの産地間に有意差があるのかを調べた。昇温速度 20°C毎分で炭化した繊維の断面積の平均の差も同様に分析した結果を表 2-12 から 2-15 に示す。

表2-8 国内各産地 昇温1°C毎分炭化大麻繊維の平均断面積(μm²)
記述統計

	標本数	平均値	標準誤差	最小値	最大値	平均値の 95% 信頼区間	
						下限	上限
宮城県産大麻	50	19.8	1.8	4	55	16.1	23.5
福島県産大麻	50	39.3	2.3	15	83	34.7	43.9
群馬県産大麻	50	36.3	2.4	5	88	31.5	41.1
栃木県産(栽培種)大麻	50	35.6	4.1	6	170	27.4	43.7
栃木県産(野生種)大麻	50	74.8	5.6	22	168	63.7	86.0
長野県産(鬼無里)大麻	50	74.4	8.3	9	217	57.7	91.0
長野県産(美麻)大麻	50	67.5	5.2	18	167	57.1	77.9
大分県産大麻	50	107.3	9.5	12	252	88.1	126.5
合計	400	56.9	2.4	4	252	52.2	61.5

表2-9 国内各産地 昇温1℃毎分炭化大麻繊維の平均断面積(μm²) 等分散性の検定

Levene 統計量	自由度 1	自由度 2	有意確率
27.881	7	392	p<0.001

表2-10 国内各産地 昇温1℃毎分炭化大麻繊維の平均断面積(μm²) 平均値同等性の耐久検定

	統計量 ^a	自由度 1	自由度 2	有意確率
Welch	33.784	7	164.889	p<0.001
Brown-Forsythe	26.886	7	201.248	p<0.001

表2-11 国内各産地 昇温1℃毎分炭化大麻繊維 断面積(μm²) Dunnett T3法による多重比較

	宮城	福島	群馬	栃木(栽培種)	栃木(野生種) ³⁾	長野(鬼無里) ³⁾	長野(美麻) ³⁾	大分 ³⁾
宮城 ¹⁾	—	***	***	*	***	***	***	***
福島 ²⁾	—	—	ns	ns	***	**	**	***
群馬 ²⁾	—	—	—	ns	***	**	***	***
栃木(栽培種) ²⁾	—	—	—	—	***	**	***	***
栃木(野生)	—	—	—	—	—	ns	ns	ns
長野(鬼無里)	—	—	—	—	—	—	ns	ns
長野(美麻)	—	—	—	—	—	—	—	*
大分	—	—	—	—	—	—	—	—

ns:有意差なし, *:5%水準で有意差あり, **:1%水準で有意差あり, ***:0.1%水準で有意差あり
1)はどの産地よりも有意に断面積が小さい。2)と3)の間に有意差があり、3)の方が断面積が有意に大きい。

表2-12 国内各産地 昇温20℃毎分炭化大麻繊維の平均断面積(μm²) 記述統計

	標本数	平均値	標準誤差	最小値	最大値	平均値の95%信頼区間	
						下限	上限
宮城県産大麻	50	41.6	3.4	8	129	34.7	48.5
福島県産大麻	50	42.9	3.0	12	96	36.8	49.0
群馬県産大麻	50	53.7	3.9	16	166	46.0	61.5
栃木県産(栽培種)大麻	50	51.7	3.5	12	131	44.6	58.7
栃木県産(野生種)大麻	50	67.8	6.4	3	168	55.0	80.6
長野県産(鬼無里)大麻	50	103.2	8.7	21	284	85.8	120.6
長野県産(美麻)大麻	50	91.1	5.9	11	216	79.2	103.1
大分県産大麻	50	107.5	9.5	22	332	88.3	126.6
合計	400	69.9	2.5	3	332	65.1	74.8

表2-13 国内各産地 昇温20°C毎分炭化大麻繊維の
平均断面積(μm²) 等分散性の検定

Levene 統計量	自由度 1	自由度 2	有意確率
14.142	7	392	p<0.001

表2-14 国内各産地 昇温20°C毎分炭化大麻繊維の
平均断面積(μm²) 平均値同等性の耐久検定

	統計量 ^a	自由度 1	自由度 2	有意確率
Welch	18.748	7	166.462	p<0.001
Brown-Forsythe	20.099	7	236.855	p<0.001

a. 漸近的 F 分布

表2-15 国内各産地 昇温20°C毎分炭化大麻繊維 断面積(μm²) Dunnett T3法による多重比較

	宮城	福島	群馬	栃木(栽培種)	栃木(野生種)	長野(鬼無里) ³⁾	長野(美麻) ³⁾	大分 ³⁾
宮城 ¹⁾	—	ns	ns	ns	*	***	***	***
福島 ¹⁾		—	ns	ns	*	***	***	***
群馬 ¹⁾			—	ns	ns	***	***	***
栃木(栽培種) ¹⁾				—	ns	***	***	***
栃木(野生種) ²⁾					—	*	ns	*
長野(鬼無里)						—	ns	ns
長野(美麻)							—	ns
大分								—

ns:有意差なし, *:5%水準で有意差あり, **:1%水準で有意差あり, ***:0.1%水準で有意差あり
1)と3)の間に有意差があり、3)の方が有意に断面積が大きい。

これらの結果から、ゆっくり (1°C毎分) とした昇温速度で人工炭化した場合は、宮城県産の繊維が著しく収縮したため、他のどの産地の繊維より有意に断面積が小さいことが示された(表 2-11, 1)表示)。さらに、福島県産と群馬県産と栃木県産(栽培種)はそれぞれ栃木県産(野生種)と長野県産(鬼無里)と長野県産(美麻)と大分県産との間に有意差があり(2)と3)で表示)、後者の方が有意に断面積が大きかった。一方で、大分県産は長野県産(鬼無里)と栃木県産(野生種)との間に有意差が無くなった。これは、人工炭化後には未処理状態で繊維が突出して太く、他の全ての産地と有意差があった大分県産も他の産地との有意差が無くなることを示している。このことは、20°C毎分昇温の人工炭化の結果でも認められた(表 2-15)。

また、ゆっくりと昇温して炭化させた 1°C毎分昇温の試料(表 2-11)の方が、20°C毎分昇温の試料(表 2-15)よりも産地間に有意差のあるものが多かった。これは、ゆっくりと昇温した炭化処理ではセルロースが熱分解過程で十分に脱水され、分子内および分子間架橋がしっかりと形成されながら炭化が進むため(平田ら：2000)、各産地の繊維の差が顕著になったのではないかと考えた。

これらのことから、未処理の状態での繊維断面積値による産地の分類と、炭化後の

分類が異なるため、炭化した繊維遺物の鑑別に際しては、その確度向上のために想定される標品繊維を炭化させて遺物と比較することが必要と考える。

2.3.4 人工劣化処理繊維の断面積値の産地比較

2.2.1 の文末で述べたように、人工劣化処理繊維の断面積値はやや厳密さを欠いているが、これについても同様に産地間の差を調べるために炭化させた繊維の断面積値の平均の差を調べるために一元配置分散分析を行った。表 2-16 に記述統計、表 2-17 に等分散の検定の結果を示す。等分散の検定の結果、有意確率が $p < 0.001$ で「各産地の分散は等しい」という仮説が棄却されたため、分散分析によらずグループ間の差を検定する平均値同等性の耐久検定を行い、表 2-18 に示す平均値同等性の耐久検定を行い、Welch および Brown-Forsythe の両検定ともに有意確率 $p < 0.001$ であったため、産地によって平均値に有意な差があると判断した。その後の検定として表 2-19 に示す、等分散を仮定しない Dunnett T3 による多重比較を行い、どの産地間に有意差があるのかを調べた。

表2-16 国内各産地 人工劣化大麻繊維断面積(μm^2) 記述統計

	標本数	平均値	標準誤差	最小値	最大値	平均値の 95% 信頼区間	
						下限	上限
宮城県産大麻	50	82.1	6.9	22	202	68.2	95.9
福島県産大麻	50	130.2	6.0	42	220	118.2	142.3
群馬県産大麻	50	120.1	7.8	18	284	104.4	135.7
栃木県産(栽培種)大麻	50	156.8	12.6	10	362	131.6	182.1
栃木県産(野生種)大麻	50	217.1	14.6	63	524	187.8	246.3
長野県産(鬼無里)大麻	50	160.2	12.4	21	395	135.4	185.1
長野県産(美麻)大麻	50	209.7	12.3	42	429	185.1	234.4
大分県産大麻	50	411.6	24.6	20	773	362.1	461.2
合計	400	186.0	6.7	10	773	172.9	199.1

表2-17 国内各産地 人工劣化大麻繊維断面積(μm^2) 等分散性の検定

Levene 統計量	自由度 1	自由度 2	有意確率
20.066	7	392	$p < 0.001$

表2-18 国内各産地 人工劣化大麻繊維断面積(μm²)
 平均値同等性の耐久検定

	統計量 ^a	自由度 1	自由度 2	有意確率
Welch	37.052	7	166.040	p<0.001
Brown-Forsythe	57.967	7	202.071	p<0.001

a. 漸近的 F 分布

表2-19 国内各産地 人工劣化大麻繊維 断面積(μm²) Dunnett T3法による多重比較

	宮城	福島	群馬	栃木(栽培種)	栃木(野生種) ⁴⁾	長野(鬼無里) ³⁾	長野(美麻) ⁴⁾	大分 ¹⁾
宮城 ¹⁾	—	***	*	***	***	***	***	***
福島 ²⁾	—	—	ns	ns	*	ns	***	***
群馬 ²⁾	—	—	—	ns	***	ns	***	***
栃木(栽培種) ³⁾	—	—	—	—	ns	ns	ns	***
栃木(野生)	—	—	—	—	—	ns	ns	***
長野(鬼無里)	—	—	—	—	—	—	ns	***
長野(美麻)	—	—	—	—	—	—	—	***
大分	—	—	—	—	—	—	—	—

ns:有意差なし, *:5%水準で有意差あり, **:1%水準で有意差あり, ***:0.1%水準で有意差あり

1)はその他のすべての産地と有意差があった。2)は4)との間に有意差があった。3)は1)以外との有意差は認められなかった。

その結果、未処理の状態でも全ての産地と有意差のあった大分県産に加え、宮城県産も全ての産地と有意差が示され、どの産地よりも断面積が小さかった。その他、福島県産と群馬県産は、栃木県産(野生種)と長野県産(美麻)との間に有意差に断面積が小さく、一方、栃木県産(栽培種)と長野県産(鬼無里)については、宮城県産と大分県産以外の産地とは有意差は認められなかった。

2.3.5 断面積平均値と繊維幅平均値を用いたクラスター分析

変数として繊維断面積平均値と繊維幅平均値を用いたクラスター分析により、産地をグループに分類することを試みた。Ward 法によるクラスター分析を行い、クラスターの間隔の測定方法には平方ユークリッド距離を用いて、デンドログラム作成した。各試料について、繊維断面積平均値を X 軸、繊維幅平均値を Y 軸として散布図を作成し、デンドログラム(図 2-6~図 2-9)を基に、散布図上の産地を 2 つもしくは 3 つにグループ分けした。(図 2-10~図 2-13)

さらに、未処理大麻繊維のクラスター分析で 3 つのグループに分けられたクラスター毎の有意差を一元配置分散分析し、表 2-20 に記述統計、表 2-21 に等分散の検定の結果を示す。等分散の検定の結果、有意確率が $p<0.001$ で「各産地の分散は等しい」という仮説が棄却されたため、分散分析によらずグループ間の差を検定する平均値同等性の耐久検定を行い、表 2-22 に示す平均値同等性の耐久検定を行い、Welch および Brown-Forsythe の両検定ともに有意確率 $p<0.001$ であったため、産地によって平均値

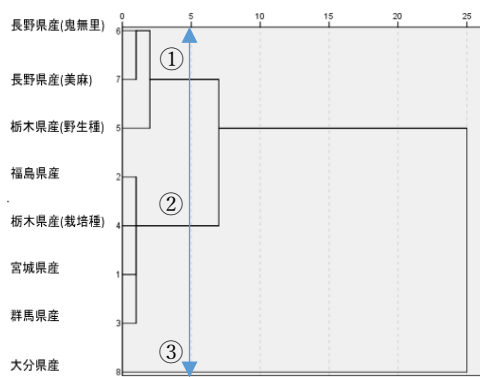


図 2-6 未処理繊維 クラスタ分析 デンドログラム

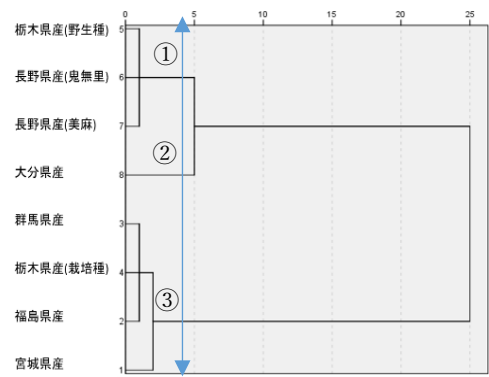


図 2-7 人工炭化繊維 昇温速度 1°C毎分 クラスタ分析 デンドログラム

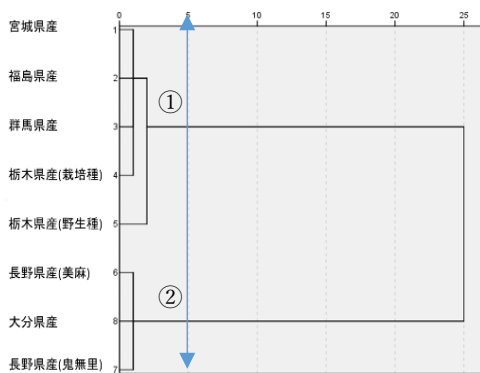


図 2-8 人工炭化繊維 昇温速度 20°C毎分 クラスタ分析 デンドログラム

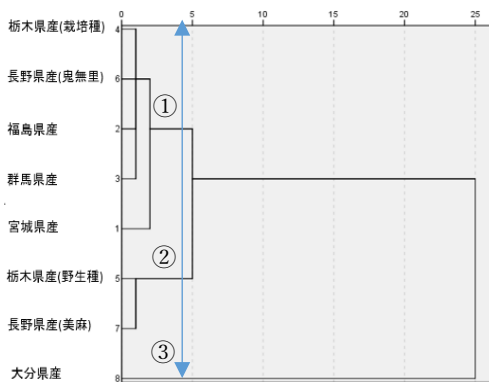


図 2-9 人工劣化繊維 クラスタ分析 デンドログラム

に有意な差があると判断した。その後の検定として表 2-23 に示す、等分散を仮定しない Dunnett T3 による多重比較を行い、全てのグループ間に有意差があることを確認した。記述統計に示した平均値の 95%信頼区間(95%CI)は、標本から平均値を求めたときに母集団の平均がその区間にある確率が 95%以上(100 回の測定中 95 回以上)であることを示し、母集団の平均値に幅(区間)を持たせて平均値を推定する区間推定値である。クラスタ分析によってグループ分けされたクラスタの特徴としては、クラスタ 2(福島産、栃木県産(栽培種)、宮城県産、群馬県産)の断面積平均値は最も小さく、平均値の 95%CI[148.3, 175.6]であった。クラスタ 3(大分県産)の平均値は最大であり、平均値の 95%CI[422.6, 593.2]であった。クラスタ 1(長野県産(鬼無里)、長野県産(美麻)、栃木県産(野生種))は、中間であり、平均値の 95%CI[264.9, 314.3]であった。クラスタ内の産地の鑑別は困難であるが、異なるクラスタ間であれば、断面積平均値の区間推定値に注目することで、一定の鑑別が可能になることが示唆された。例えば、新しい試料の断面積が 170.0 μm^2 であったとすると、それはクラスタ 2 の信頼区間に対応し、クラスタ 2 のいずれかの産地であることが推測され得ると考えられる。

人工炭化処理(1°C毎分昇温、20°C毎分昇温)、人工劣化処理(ドリセラーゼ分解)の各

処理のクラスター分析によるグループ分けされたグループ間の有意差についても同様に行った結果(表 2-24~表 2-34)、クラスター分析によってグループ分けされたグループにはすべて有意差があることを確認した。3つのグループに分けた人工炭化処理(1°C毎分昇温)のクラスターの特徴としては、クラスター3(群馬県産、栃木県産(栽培種)、福島県産、宮城県産)の断面積平均値は最も小さく、平均値の95%CI[29.8, 35.7]であった。クラスター2(大分県産)の平均値は最大であり、平均値の95%CI[88.1, 126.5]であった。クラスター1(栃木県産(栽培種)、長野県産(鬼無里)、長野県産(美麻))は、中間であり、平均値の95%CI[64.9, 79.6]であった。未処理繊維の結果同様、炭化した繊維においても、クラスター内の産地の鑑別は困難であるが、異なるクラスター間であれば、断面積平均値の区間推定値に注目することで、一定の鑑別が可能になることが示唆された。例えば、出土炭化繊維(大麻)の断面積が70.0 μm^2 であったとすると、それはクラスター1の信頼区間に対応し、クラスター1のいずれかの産地であることが推測され得ると考えられる。

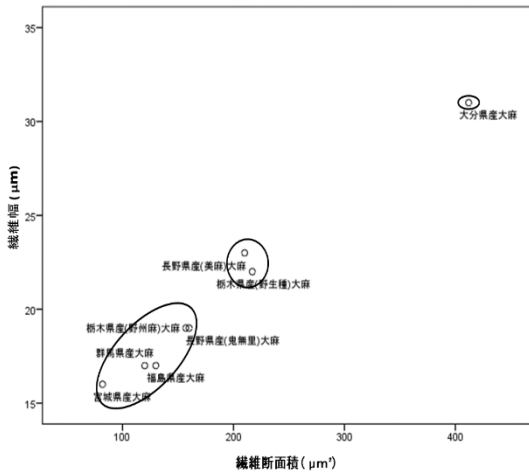


図 2-10 未処理繊維 クラスター分析 散布図

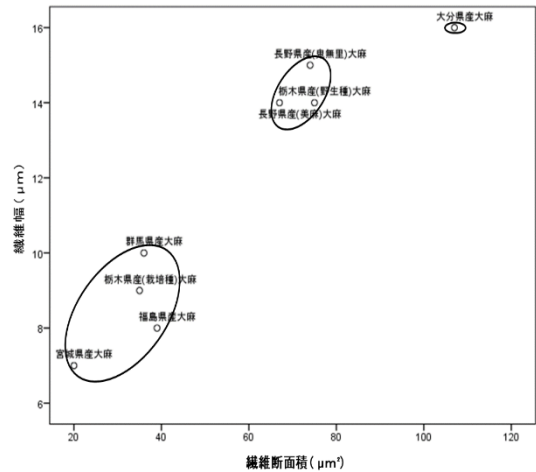


図 2-11 人工炭化繊維 昇温速度 1°C毎分 クラスター分析 散布図

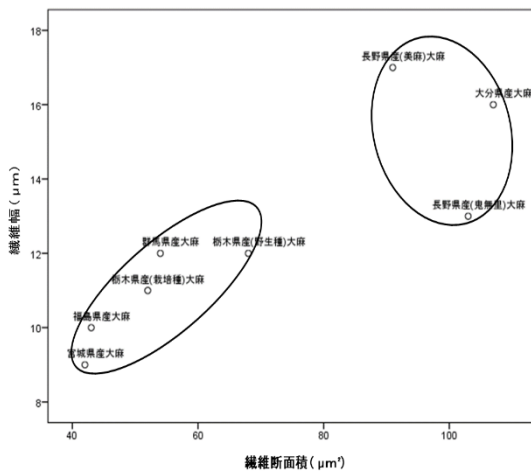


図 2-12 人工炭化繊維 昇温速度 20°C毎分 クラスター分析 散布図

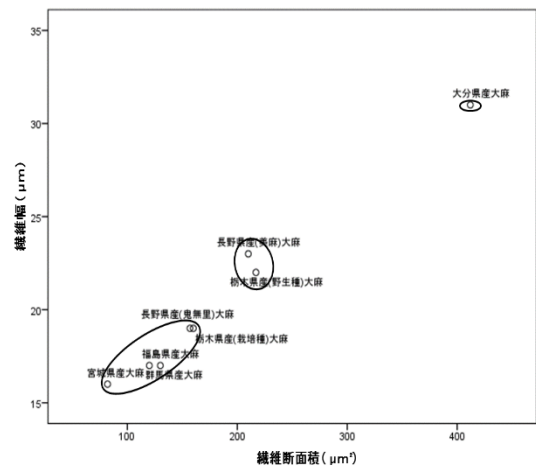


図 2-13 人工劣化繊維 クラスター分析 散布図

表2-20 国内各産地 未処理大麻繊維 断面積平均値 クラスター別 記述統計

クラスター	標本数	平均値	標準誤差	最小値	最大値	平均値の95%信頼区間(CI)	
						下限	上限
1	150	289.6	12.5	15	844	264.9	314.3
2	200	162.0	6.9	17	694	148.3	175.6
3	50	507.9	42.4	23	1212	422.6	593.2
合計	400	253.1	9.7	15	1212	234.1	272.1

表2-21 国内各産地 未処理大麻繊維 断面積平均値 クラスター別 等分散性の検定

Levene 統計量	自由度 1	自由度 2	有意確率
76.626	2	397	p<0.001

表2-22 国内各産地 未処理大麻繊維 断面積平均値 クラスター別 平均値同等性の耐久検定

	統計量 ^a	自由度 1	自由度 2	有意確率
Welch	66.638	2	111.652	p<0.001
Brown-Forsythe	51.989	2	75.236	p<0.001

a. 漸近的 F 分布

表2-23 国内各産地 未処理大麻繊維 断面積平均値 クラスター別 Dunnett T3法による多重比較

クラスター	1	2	3
1	—	***	***
2		—	***
3			—

***:0.1%水準で有意差あり

表2-24 国内各産地炭化(1℃毎分昇温)大麻繊維 断面積平均値 クラスター別 記述統計

クラスター	標本数	平均値	標準誤差	最小値	最大値	平均値の95%信頼区間(CI)	
						下限	上限
1	150	72.2	3.7	9	217	64.8	79.6
2	50	107.3	9.5	12	252	88.1	126.5
3	200	32.7	1.5	4	170	29.8	35.7
合計	400	56.9	2.4	4	252	52.2	61.5

表2-25 国内各産地炭化(1℃毎分昇温)大麻繊維 断面積平均値 クラスター別 等分散性の検定

Levene 統計量	自由度 1	自由度 2	有意確率
76.387	2	397	p<0.001

表2-26 国内各産地炭化(1℃毎分昇温)大麻繊維 断面積平均値 クラスター別 平均値同等性の耐久検定

	統計量 ^a	自由度 1	自由度 2	有意確率
Welch	73.619	2	107.768	p<0.001
Brown-Forsythe	50.657	2	90.530	p<0.001

a. 漸近的 F

表2-27 国内各産地炭化(1℃毎分昇温)大麻繊維 断面積平均値 クラスター別 Dunnett T3法による多重比較

クラスター	1	2	3
1	—	**	***
2		—	***
3			—

** : 1%水準で有意差あり

*** : 0.1%水準で有意差あり

表2-28 国内各産地炭化(20℃毎分昇温)大麻繊維 断面積平均値 クラスター別 記述統計

クラスター	標本数	平均値	標準誤差	最小値	最大値	平均値の95%信頼区間(CI)	
						下限	上限
1	250	51.5	2.0	3	168	47.7	55.4
2	150	100.6	4.7	11	332	91.2	109.9
合計	400	69.9	2.5	3	332	65.1	74.8

表2-29 国内各産地炭化(20℃毎分昇温)大麻繊維 断面積平均値 クラスター別 等分散性の検定

Levene 統計量	自由度 1	自由度 2	有意確率
49.102	1	398	p<0.001

表2-30 国内各産地炭化(20℃毎分昇温)大麻繊維断面積平均値 クラスター別 平均値同等性の耐久検定

	統計量 ^a	自由度 1	自由度 2	有意確率
Welch	91.774	1	201.072	p<0.001
Brown-Forsythe	91.774	1	201.072	p<0.001

a. 漸近的 F 分布

表2-31 国内各産地 人工劣化大麻繊維 断面積平均値 クラスター別 記述統計

クラスター	標本数	平均値	標準誤差	最小値	最大値	平均値の 95% 信頼区間(CI)	
						下限	上限
1	250	129.9	4.6	10	395	120.8	138.9
2	100	213.4	9.5	42	524	194.6	232.2
3	50	411.6	24.6	20	773	362.1	461.2
合計	400	186.0	6.7	10	773	172.9	199.1

表2-32 国内各産地 人工劣化大麻繊維 断面積平均値 クラスター別 等分散性の検定

Levene 統計量	自由度 1	自由度 2	有意確率
46.850	2	397	p<0.001

表2-33 国内各産地 人工劣化大麻 繊維断面積平均値 クラスター別 平均値同等性の耐久検定

	統計量 ^a	自由度 1	自由度 2	有意確率
Welch	87.465	2	101.795	p<0.001
Brown-Forsythe	96.592	2	83.693	p<0.001

a. 漸近的 F 分布

表2-34 国内各産地 人工劣化大麻繊維 断面積平均値 クラスター別 Dunnett T3法による多重比較

クラスター	1	2	3
1	—	***	***
2		—	***
3			—

***: 0.1%水準で有意差あり

クラスター分析の結果は、繊維幅も変数として含んでいるため、断面積値平均の一元配置分散分析後の多重比較の有意差と異なる部分もあるが、未処理繊維のクラスター分析の散布図は、断面積値平均の多重比較の産地間の有意差を視覚化したものとなっている。各処理後のクラスター分析の結果においても、おおよそ宮城県産、福島県産、群馬県産、栃木県産(栽培種)は常に1つのクラスターに分類され、大分県産は独立もしくは長野県産と共に分類され、栃木県産(野生種)と長野県産2種は状態によって、図2-14に示す群馬以北のクラスターか長野以南のクラスターに分類される傾向がみられた。

2.3.6 国内産大麻繊維 8 種の比較のまとめ

6 カ所の異なる産地の 8 種の試料を用いて各試料につき 50 か所の繊維断面値および繊維幅を統計的手法で比較したところ、以下のような知見を得た。

各産地の大麻繊維の繊維断面値を一元配置分散分析と等分散を仮定しないその後の多重比較により、どの産地間に有意差が存在するかを確認した。その結果、未処理繊維においては、大分県産の繊維断面値平均値はその他のすべての産地の繊維と有意差を持ち、さらに宮城県産、福島県産、群馬県産、栃木県産(栽培種)は栃木県産(野生種)、長野県産(鬼無里)、長野県産(美麻)との間に有意差があることが分かった。一方で、未処理状態で最も断面値平均値が大きく、全ての産地と有意差のあった大分県産の繊維も炭化の過程で収縮することにより、他の産地との差が無くなった。従って、繊維遺物の鑑別や産地の推測においては、繊維の特徴が炭化や劣化により変化する可能性も勘案する必要がある。今回用いた大麻繊維の産地には地域的に偏りがあり、さらに各産地から抽出された繊維についての測定値ではあるが、断面値と繊維幅を変数として用いたクラスター分析の結果から、今回観察した試料においては大麻の繊維の太さは群馬以北か長野以南の2つのクラスターに分類される。

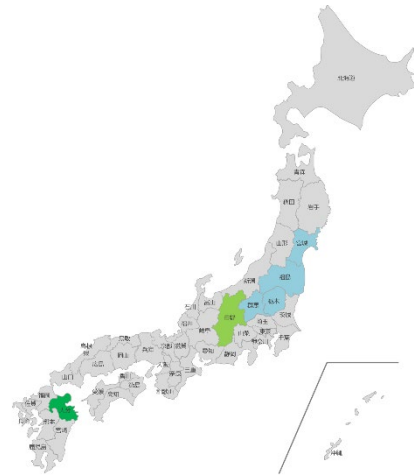


図 2-14 国内各産地の大麻繊維

小 括

日本において、古くから利用されてきた植物繊維種である大麻、苧麻、葛、科、藤、梶、楮、芭蕉、和棉の 9 種の繊維の現生繊維の形態把握に加え、人工炭化処理と人工劣化処理を施した繊維について、形態観察ならびに計測を行い、炭化による繊維収縮の程度や酵素による分解作用による形態変化について調べた。さらに、大麻繊維については、産地による断面値と繊維幅を統計的に分析した。未処理の段階で産地間には有意差があり、多重比較における有意差による産地の分類は炭化などの処理によって、変化することが分かった。これらのことから、繊維遺物の鑑別の確度向上のためには、標品繊維となる繊維をその遺物の状態に近い状況に処理したものをを用いる必要があることが示唆された。

また、クラスター分析の結果、今回用いた国内 6 県の 8 種の大麻繊維の太さは、群馬以北か長野以南の 2 つのクラスターに分類される。

第3章 標品繊維の灰化物中の生体鉱物の特徴比較

植物組織内には、生育期間中に細胞内に蓄積された生体鉱物(ファイトリス)が存在し、植物分類学(Cutter : 1978, Fahn : 1982)に用いられる。この生体鉱物には、主として、細胞の鋳型として存在する非結晶の植物ケイ酸体(以後シリカ)と、結晶質のシュウ酸カルシウム(以後クリスタル)があり、これらは加熱灰化した植物組織中に顕微鏡等で観察することができる。植物は種類によって土壌成分中からケイ酸を取り込む能力が異なるため、イネ科植物のように20%以上の豊富なシリカを含むものから全く含まないものまである。シリカは土壌中や堆積物中での保存性も良いため、遺跡から出土した植物、特に穀類(ヒエ、キビ、アワ、コムギ、オオムギ、イネ)の識別に利用され、栽培植物の起源・伝播ならびに文明を知るうえでの有効性が見出されてきた。他方、多くの樹木類に含まれるシリカの量は1%以下で特に針葉樹は少ない傾向がある(近藤 a : 2010)。シリカが存在しない植物の場合、それを分類指標には利用できない。一方、クリスタルは、光合成生物のすべてに分布しており、植物における結晶形成の主な機能には、細胞内の過剰量のカルシウム調節と草食性に対する防御が含まれる(Franceschi et al.: 2016)。従って、クリスタルの方が多くの植物から見出される。一般的に、クリスタルはシリカと異なり、結晶性であるため偏光顕微鏡による観察が行われることが多いが(図3-1)、電子顕微鏡では光学顕微鏡よりも高い倍率でその形態を明確に観察することが可能であり、これと併行して付属のエネルギー分散型X線分析装置(EDS)を用いて走査型電子顕微鏡(SEM)像と同じ視野でCaの分布状態を観察することによりクリスタルの存在および形態をより明確に確認できるという利点がある。そのため考古学において、クリスタルの有無や形状によって黄麻繊維とそれ以外の麻繊維もしくは黄麻代替繊維の判別を行う(Jarman : 1955, Bergfjord : 2010)ことが試みられている。

本研究では、標品繊維の灰化物に含まれるクリスタルをSEMにより形態を観察し、繊維鑑別への応用の可能性を検討した。

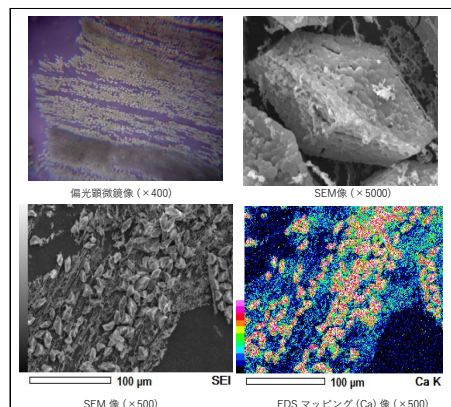


図3-1 偏光顕微鏡と走査型電子顕微鏡の違い

3.1 実験方法

3.1.1 試料

大麻、苧麻、葛、科、藤、梶、楮、芭蕉および和棉
(入手方法は、「1.3 標品繊維の収集」を参照)

3.1.2 乾式灰化

近藤錬三(近藤 b : 2010)の方法を参考にして、試料を以下のように灰化した。

電気炉(RPO-001 : As-one 製)にて、各試料 500 mgもしくは 1 mgをるつぼに入れて炉の温度を 100 °C で 10 分間、150 °C で 5 分間、200 °C で 10 分間、600 °C で 360 分間に設定して加熱したものをそのまま灰化試料として、観察に用いた。

3.1.3 灰化試料の形態観察および元素分析

灰化後の試料についても 2.3.5 と同様に SEM で観察を行った。さらに加速電圧 20kV で SEM に付属の EDS を用いた元素分析を行った。これにより得られた Ca および Si の元素のマッピング像をもとに、電子顕微鏡像におけるクリスタルとシリカの形状を観察した。

3.2 生体鉱物の特徴比較結果

標品試料繊維各 500 mgの灰化後の試料と 1 mgの灰化後の試料の SEM 像、Ca および Si の EDS マッピングならびにクリスタル拡大像を図 3-2 示す。なお、図中、破線上部が 500 mg灰化試料で破線下部が 1 mg灰化試料の観察像である。また、500 mg灰化の SEM 像と Ca および Si マッピング、1 mg灰化の SEM 像と Ca マッピング像はそれぞれ同一視野である。

ファイトリスの内、シリカは主にイネ科の植物の同定に力を発揮するが(近藤ら c : 1986)、今回供した試料においては、Ca, Si マッピング像に示した通り、芭蕉の繊維を除き、シリカよりもクリスタルの方が多く観察され、その形態にも次のようなパターンが認められた。なお、マッピング像左下のカラースケールは各元素の特性 X 線の強度(カウント数)を黒から白に色分けして示している。

大麻および苧麻では、共に微小なクリスタルが 10 μm 程の球状に凝集した形態で観察された。この凝集したクリスタルは大麻よりも苧麻の方に数多く見られた。葛には、四角柱を中心とした 15 μm 程のクリスタルが数多く見られた。科には、30 μm 程の四角柱と 80 μm 程の六角柱のクリスタルが見られた。藤には、20-30 μm 程度の 10 面体のようなクリスタルが数多く見られた。梶には、20-30 μm 程度四角柱のクリスタルが見られた。楮のクリ

スタルは、3-6 μm が凝集した 15 μm 前後の集晶と 15-20 μm 程度の四角柱の単晶が混在していた。芭蕉のクリスタルは、20 μm 程の細長い六角柱もしくは四角柱の結晶が見られたが、その数は少なかった。和棉にはほとんどクリスタルは見られなかったが、注意深く探すことによって紡錘状に凝集した 20 μm 程の微小なクリスタルが見つかることもあった。

植物のクリスタルつまり、シュウ酸カルシウムを繊維作物の鑑別法に用いる試みとして、河村(1955,1956)は、種々の植物の葉部を灰化して、クリスタルの灰像の形態と分布を報告している。これらの報告の中で、マオ(苧麻)やアサ(大麻)のクリスタルは集晶であること、シナノキは単晶があることなどは本研究とも一致した。しかし、ワタについてはクリスタルが多量にあるとの記載があり、葉部と種子毛繊維の違いなのか、品種の違いなのかは不明である。

植物中のクリスタルは、1 水和物は長い六角形板状、2 水和物は八面体、3 水和物は平行四辺形板状を呈するという報告(石井ら：1990,石井：1990,1991)や、集晶や束晶ならびにさまざまな角柱結晶が観察されるという報告がある(Fahn：1982)。今回の試料において観察されたクリスタルも、集晶や四角柱、六角柱であり、それらの特徴に準じた形態を確認した。一方、動物(人間)におけるシュウ酸カルシウム結晶には、1 水和物に楕円形状、亜鈴状の形態や 2 水和物に正八面体(山口：2009)が認められ、その他にもコマ状など、シュウ酸濃度やカルシウム濃度、各種イオン濃度により析出する形態が異なることが報告されている(日本臨床衛生検査技師会尿沈渣特集号編集部：2017)。このことから、環境要素がこれらの結晶形態に影響する可能性があることを考慮して、産地の異なる大麻と苧麻の繊維各 1 mg を同様の条件で灰化して観察したところ、図 3-3 および図 3-4 に示す通り、全ての産地で同様の形状のクリスタルを観察することができた。従って、今回用いた大麻と苧麻において観察できた結晶形態は産地間での違いは認められなかった。なお、先に述べた通り、シュウ酸カルシウム結晶はその水和物によって形状が異なることが知られているが、灰化物においては、シュウ酸カルシウムは熱分解によって炭酸カルシウムや酸化カルシウムに変化する。そのため、今回の試料についても灰化物の X 線回折測定を行ったが、その Ca を含む化合物は加熱により炭酸カルシウムに変化しており、シュウ酸カルシウムとしての結晶情報ならびに水和物の種類を確認することはできなかった。しかし、その熱分解による結晶形態の変化は極めて僅かであり、灰化物においてもシュウ酸カルシウム結晶の仮晶(Pseudomorph)としてその形状は維持されるといわれている(河村：1954)。さらに、遺物繊維の鑑別を目的とした場合、大量の試料を供することは現実的ではないため、試料が微量の場合であっても確実にクリスタルが観察できる灰化条件の検討が必要であると考え、試料量を 1 mg にして灰化した。その結果、全ての試料においてクリスタルの形態に変化はなかった。大きさについては、いくつかの試料において小さくなる傾向が見られた。特に科の場合には長いもので約 80 μm あったものが 10 μm 程度に著しく小さくなって

試料名	大麻	苧麻	葛	科	藤	梶	楮	芭蕉	和棉
試料量 500 mg るつぼ直径 3.1cm									
灰化後									
試料量 500 mg 灰化後 SEM像									
Ca (クリスタル) EDS マッピング像									
Si (シリカ) EDS マッピング像									
クリスタル 拡大 SEM像									
試料量 1 mg 灰化後 SEM像 スケール: 10 μm									
Ca (クリスタル) EDS マッピング像									
クリスタル 拡大 SEM像									

図 3-2 各試料の灰化物のSEM観察像ならびにクリスタルとシリカのEDSマッピング像

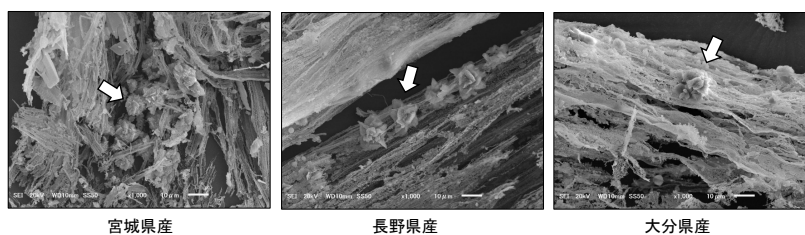


図 3-3 国内各産地の大麻繊維のクリスタル(矢印)のSEM像

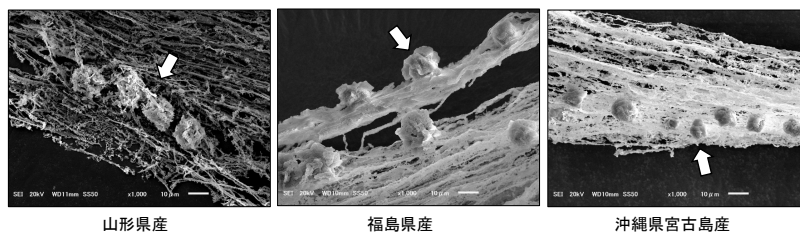


図 3-4 国内各産地の苧麻繊維のクリスタル(矢印)のSEM像

いた。クリスタルが小さくなった原因として、シュウ酸カルシウムが炭酸カルシウムに変化する際の熱膨張による崩壊が考えられる。本研究では、500 mgの試料も1 mgの試料も同条件の600℃6時間という条件で灰化したため、写真3-1に示すように、500 mgの科を灰化したときに観察された80 μmのクリスタルには既に亀裂が入っていたことから、試料量の少ない1 mgでは試料全体への熱の伝わりが早く、クリスタルの熱膨張の変化が500 mgのときよりも著しく、崩壊が生じた可能性が考えられた。しかし、試料として1 mgを使用することができれば、今回の条件でも灰化物からクリスタルを観察することは可能であることが分かった。

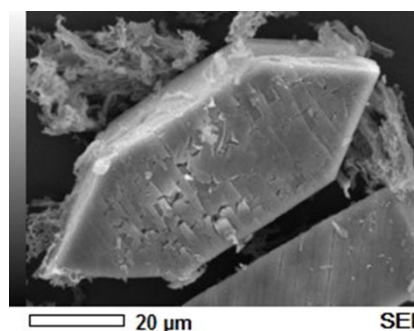


写真 3-1 試料量 500 mg の科を灰化したときに観察された約 80 μm の大きさのクリスタル

加えて、大麻、科、藤、芭蕉については、織物や組紐として加工された繊維製品となったものについても、1 mgの繊維を灰化して含まれるクリスタルの観察を行った。その結果、図3-5に示すように、染色等の処理がされた繊維においても前述の加工前の繊維の状態を観察したクリスタルと同様の形状を観察することができた。

このように試料に供した植物繊維のクリスタルの形状の特徴が把握は、前章で述べた繊維形態の比較に加え、鑑別の指標となると考えた。

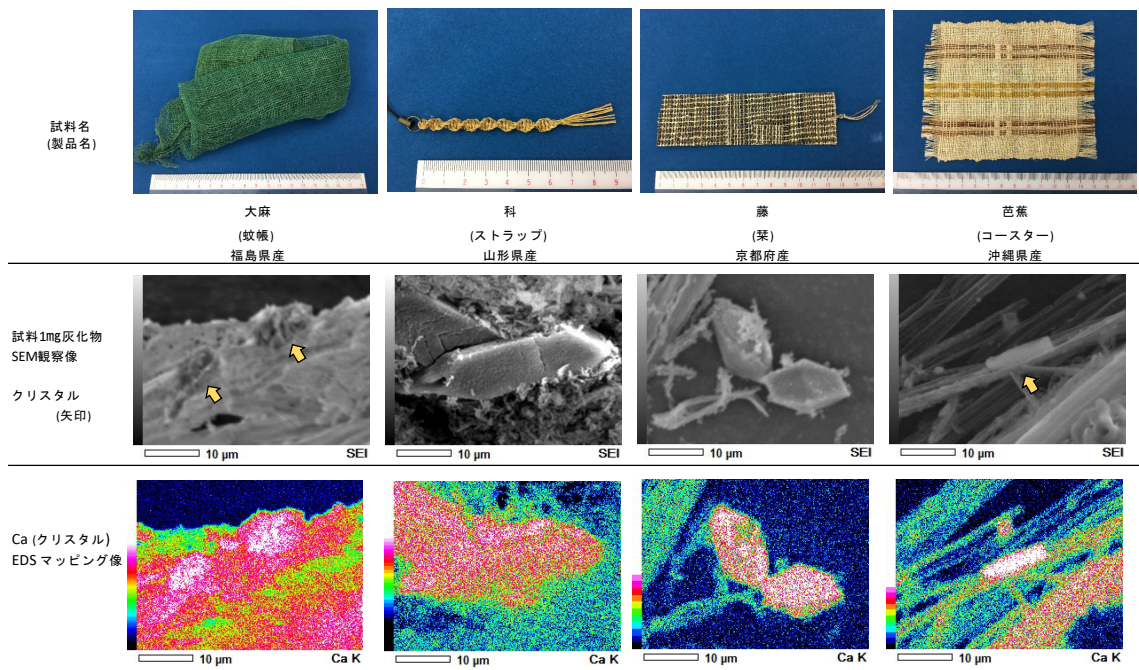


図 3-5 大麻, 科, 藤, 芭蕉で作られた繊維製品の灰化物のSEM観察像ならびにクリスタルとシリカのEDSマッピング像

前章において、繊維遺物の鑑別確度の向上のためには、標品繊維となる繊維を人工的に炭化させたり、劣化させたりして、遺物繊維に近い状態にした標品繊維を比較対象とする必要性を述べた。本章では、遺物繊維に対する標品繊維の状態加工に加え、繊維に含まれるファイトリス(特にクリスタル)の特徴が、さらに植物種を絞り込める可能性を明らかにした。

第4章 繊維遺物分析と鑑別の試み

本学の収蔵品や各所の埋蔵文化財センターの発掘調査によって採取された植物繊維遺物について、光学顕微鏡、電子顕微鏡、フーリエ変換赤外分光光度計、X線回折装置、蛍光X線分析装置にといった比較的汎用の分析機器を用いて鑑別を試みた。

光学顕微鏡としては、実体顕微鏡を主に用いた。本顕微鏡は可視光を試料に投射して観察を行うもので、精密な虫眼鏡のような顕微鏡である。ほとんどの試料を非破壊で観察することが可能である。

電子顕微鏡は、光源に電子線を利用する顕微鏡である。電子顕微鏡には大別して透過型電子顕微鏡(TEM)と走査型電子顕微鏡(SEM)があるが、本研究においてはSEMを用いた。SEMは、照射電子線を試料上に走査して、試料から跳ね返ってくる電子線を利用することにより立体構造を高倍率で観察することができる。電子顕微鏡では、光源が電子線のため、真空の観察環境が必要となり、試料に含まれる水分は乾燥や樹脂置換といった方法で除去するための試料処理が必要となる。ただし、繊維のようにもともと含有水分量が少ない場合は、この工程を必要としない。しかし、SEMの利用においては、脱水処理を必要としない試料であっても、導電性の無い試料については汎用型の装置で高い分解能を得たい場合は通常、金属またはカーボンをコーティングする蒸着処理が必要となる。この蒸着によって、試料の導電性の確保・試料の熱電子からの保護・試料からの十分な二次電子の確保が可能になる。本装置での観察は、装置に導入できる試料の大きさが限られるため、多くが破壊分析となる。

フーリエ変換赤外分光光度計(FT-IR)は、試料に赤外領域の光を照射し、その吸収波長と吸収強度を測定することによって、試料の分子結合の状態を推測し、分子の構造や官能基の情報を得ることができる装置である。繊維を試料とした場合には、動物性・植物性・合成繊維の区別については、そのスペクトルから判別が容易である。一般的な測定方法として、KBr(臭化カリウム)法とATR(Attenuated Total Reflection: 全反射測定)法がある。KBr法は、粉末もしくは微粉末の試料をKBrと混合、もしくはKBrのプレートに挟み込み、薄膜を作り、それに赤外光を照射して吸収を測定する。本法では、KBrの吸湿の影響により、OH基の吸収帯ではスペクトルの評価は難しくなるため、水を含む、吸湿性が高い、高濃度のカーボンや顔料が含まれる、KBrとハロゲン交換してしまう塩化物や塩酸塩、赤外線透過しにくい試料には向かない。また、もともと粉末状態の試料以外は破壊分析となるが、試料全体の情報となる。ATR法は、プリズムと試料を接触させた後、プリズム内部を透過させた赤外光を、試料との界面にて全反射させる。この全反射の際に、試料側へわずかに赤外光が潜り込むため、全反射光を検出することで、試料表面(深さ数 μm 程度)の赤外光の吸収を測定することができる。試料をプリズムに密着させることで測定可能となるため、試料によっては非破壊で測定することも可能となるが、試料表面だけの情報と

なるデメリットもある。本研究においては、試料の状態によって KBr 法と ATR 法を使い分けた。

X 線回折装置は、結晶を形成している物質に当たって散乱した X 線が回折し、特徴的なパターンを示す性質を利用して、試料に X 線を照射して、回折して出てくる X 線の角度を測定することで、試料の結晶状態を調べ、結晶物質の同定ができる装置である。一般的には粉末法が用いられるため、破壊分析となるが、装置の仕様・大きさによっては非破壊での測定も可能となる。本研究では、繊維自体の測定よりは、繊維に付着していた物質や繊維が硬化している際の原因追及のために利用した。

考古学や文化財保存の分野においては、従来、現状保存が最優先されるため、破壊分析による調査・分析は野蛮な手法としてみなされている感が強かったが、非破壊で分析可能な科学分析法(X 線透過や赤外線・紫外線照射等)が広まってきている。未だ、電子顕微鏡などは破壊分析にあたるが、繊維試料、特に植物繊維試料においては、表面観察だけでは情報量が少なく、断面観察のため必要な分析手法と考えている。

本章では、繊維遺物の鑑別について、製作・使用されていた時代が古いもの(古墳時代)から新しいもの(大正)の順に述べる。

4.1 高尾山古墳(古墳時代)の出土繊維

本遺跡は静岡県沼津市東熊堂字北方に所在する古墳である。発掘調査は、都市計画道路南一色線の建設に伴い、予定地内に分布する埋蔵文化財の記録保存を目的として 2008~2009(平成 20~21)年に行われた。本古墳は高尾山穂見神社が鎮座していることから、1978(昭和 53)年に高尾山古墳と命名されたが、経緯は不明であるが 1982(昭和 57)年の沼津市教育委員会の記録には辻畑古墳と記録されていた。この発掘調査の報告にあたり、沼津市教育委員会にて協議し、2011(平成 23)年 6 月 29 日付で発見当時の名称である高尾山古墳が正式名称となった。本古墳の棺内からは副葬品として、鏡や槍などと共に今回試料として用いた鉄鏃が出土した。鉄鏃の総数は 32 点でそのうちの 29 点が一カ所からまとまった形で出土した。その鏃のいくつかには繊維(布片)が付着しており、そのうちの一点(鏃 22)に付着していた布片と土砂中から採取された布片について FT-IR ならびに顕微鏡を用いて分析を行った。

4.1.1 試料



写真 4.1-1 鍬 22



写真 4.1-2 鍬 22 鍬に付着した布片
(未処理)
(約 2 cm×約 1~0.5 cm)



写真 4.1-3 土砂中から出土の布片
(未処理)
(約 7 mm×4 mm)

鍬(やじり)22(写真 4.1-1)に付着した布片の繊維(写真 4.1-2)ならびに土砂中より出土した布片の繊維(写真 4.1-3)の 2 種の試料を調査対象とした。両試料とも、錆びに覆われて硬化していた。

4.1.2 実験方法

4.1.2.1 前処理(錆の除去)

前処理として、両試料の錆び取りを行った。塩酸ならびに還元剤としてアスコルビン酸(ビタミン C)を添加した溶液に浸す方法(赤田ら：2009)に準じて、0.03%のアスコルビン酸を含む 1M 濃度の塩酸溶液(pH0.04)に 5 日間浸漬し、その間に 1 度、溶液内に浸したまま超音波洗浄(3 秒×5 回)を行い、浮いた錆びを除去するようにした。最終的に、蒸留水で吸引洗浄したものを自然乾燥させ、分析用試料とした(写真 4.1-4~4.1-7 参照)。



写真 4.1-4
鍬に付着した布片
未処理)(×10)



写真 4.1-5
鍬に付着した布片
錆除去処理後 (×10)



写真 4.1-6
土砂中から出土の
布片 未処理 (×20)



写真 4.1-7
土砂中から出土の
布片 錆除去処理後
(×20)

4.1.2.2 糸幅の測定

実体顕微鏡(SZ-40：オリンパス製)にて観察し、接眼マイクロメーターにて糸幅を測定し、平均値を求めた。

4.1.2.3 FT-IR による分析

FT-IR(FT/IR-480Plus:日本分光製)を用いて、1 回反射 ATR(ZnSe プリズム, ATR PRO410-S:日本分光製)で測定を行った。

4.1.2.4 SEM による形態観察と繊維幅の測定

観察には SEM(JSM-5310LV:日本電子製)を用いて観察を行った。各試料は無蒸着状態にて高真空モード(加速電圧 5 kV もしくは 10 kV)で観察した。繊維幅測定は観察・計測ソフトウェア(デジキャプチャー)の側長機能を用いて、鏝に付着した布片については 24 本の単繊維の幅を測定し、土砂中から出土した布片については 30 本の単繊維の幅を測定し、それぞれ平均値を求めた。

4.1.3 結果および考察

4.1.3.1 糸幅・撚り方向

鏝に付着した布片の実体顕微鏡下で測定したタテ糸・ヨコ糸各 4 本の糸幅の平均は、タテ糸が 0.8 mm (0.8-1.0 mm)、ヨコ糸が 0.6 mm(0.5-0.6 mm)であった。土砂中から出土の布片はタテ糸ヨコ糸の判別は困難であったが、4 本の糸幅平均は 0.7 mm(0.7-0.8 mm)であった。

また、撚り方向は写真 4.1-8, 4.1-9 に示す通り、両試料共に S 撚であった。



写真 4.1-8 鏝に付着した布片 (×10)



写真 4.1-9 土砂中から出土した布片(×20)

4.1.3.2 FT-IR 分析

鍍に付着した布片の FT-IR 測定スペクトルを図 4.1-1、土砂中から出土した布片の測定結果を図 4.1-2 に示す。試料が植物繊維の場合は通常、図 4.1-3 のピーク No.12 が示すような多糖の構成要素に特徴的な 1105cm^{-1} 付近(C-O-C:グリコシド由来)やピーク No.10 が示す 1155cm^{-1} 付近(ピラノース C-C:環呼吸振動)の吸収をはじめ、植物繊維(セルロース)に帰属する吸収(Garside ら:2003, 石川ら:1986)が確認され、動物性繊維の場合は図 4.1-4 のピーク No.3,7,8 が示すようなタンパク質を構成するアミノ酸に帰属する 3300cm^{-1} 付近と $1660\text{-}1610\text{cm}^{-1}$ (アミド I)、 $1550\text{-}1485\text{cm}^{-1}$ (アミド II)に吸収が確認される(堀口:2001)。図 4.1-1 の鍍に付着した布片を測定したスペクトルでは、ピーク No.3 の 1446 付近の吸収は O-H 変角振動に由来するピークと考えられ、ピーク No.3~4 にかけてのスペクトルパターンは、図 4.1-3 に示した植物繊維(大麻)スペクトルのピーク No.5~10 の C-H 変角振動や CH_2 変角振動に由来する吸収のスペクトルパターンに相当し、本試料は植物繊維である可能性が考えられた。一方、図 4.1-2 に示した土砂中から出土した布片のスペクトルはピークがブロードでこれらの吸収は確認できなかった。また、両試料共に 792cm^{-1} と 882cm^{-1} 付近に特徴的なピークを持ち、これらの存在から土壌由来の珪素化合物もしくは炭酸塩の存在が推察された。

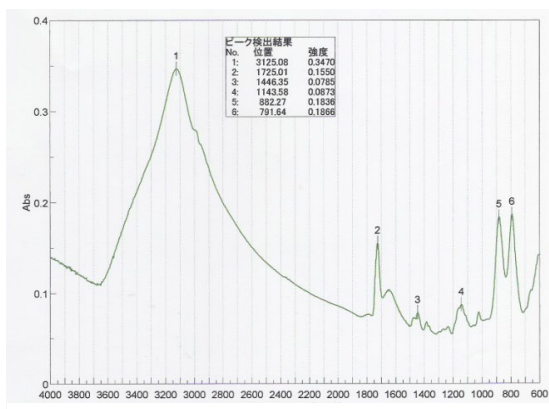


図 4.1-1 鍍に付着した布片繊維の FT-IR スペクトル

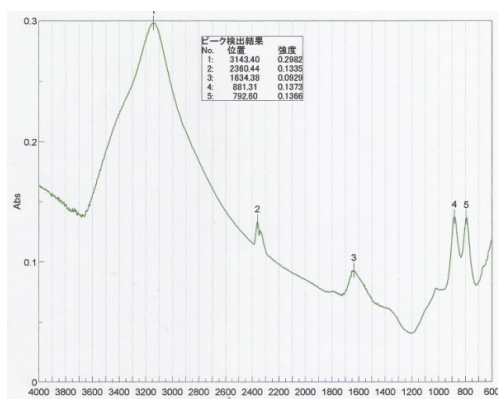


図 4.1-2 土砂中から出土した布片の FT-IR スペクトル

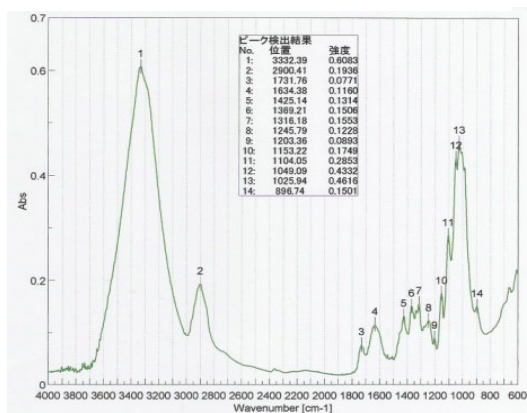


図 4.1-3 植物繊維(大麻)の FT-IR スペクトル

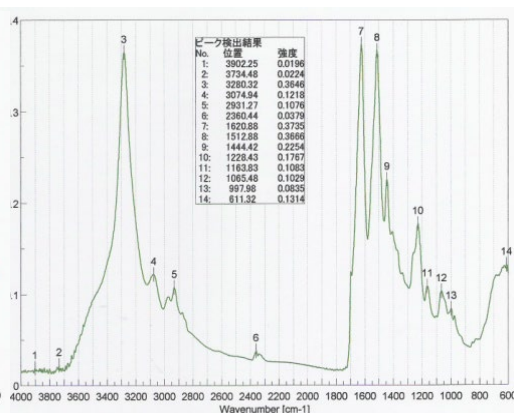


図 4.1-4 絹繊維の FT-IR スペクトル

4.1.3.3 形態観察と繊維幅(長径)測定

SEM で観察した、鏝に付着した布片の表面および断面像を図 4.1-5、土砂中から出土した布片の表面像および断面像を図 4.1-6 に示す。

両試料共に、繊維表面には結節(矢印で示す)が認められたが、多くの繊維は表面形態の型押しようになっており、内部は空洞化している部分が多く認められた。横断面像では、繊維表面が金属化合物に被覆された後の繊維内部の劣化分解に伴い、空洞化が進行していた。空洞化の度合いは、鏝に付着した布片の繊維の方が高く、中心に第3次膜を残すのみの状態となっていた。土砂中から出土した布片の繊維は2次膜の残存も認められた。繊維幅は、鏝に付着した布片が単繊維 24 本平均で $21\ \mu\text{m}$ ($11\text{-}34\ \mu\text{m}$)、土砂中から出土した布片が単繊維 30 本平均で $22\ \mu\text{m}$ ($11\text{-}32\ \mu\text{m}$) であった。

これら SEM で観察された両試料の単繊維表面における結節の存在と横断面ならびに繊維幅の平均値は、文献値の繊維幅 $22\ \mu\text{m}$ ($10\text{-}50\ \mu\text{m}$) (東:2000) や第 2 章で述べた大麻繊維の繊維幅に類似しており、また繊維の劣化分解が繊維断面に層状に観察できる様子も第 2 章で述べた人工劣化させた大麻繊維に類似していた。

以上、FT-IR ならびに SEM による形態観察と繊維幅測定の結果、本試料は大麻である可能性が高い。

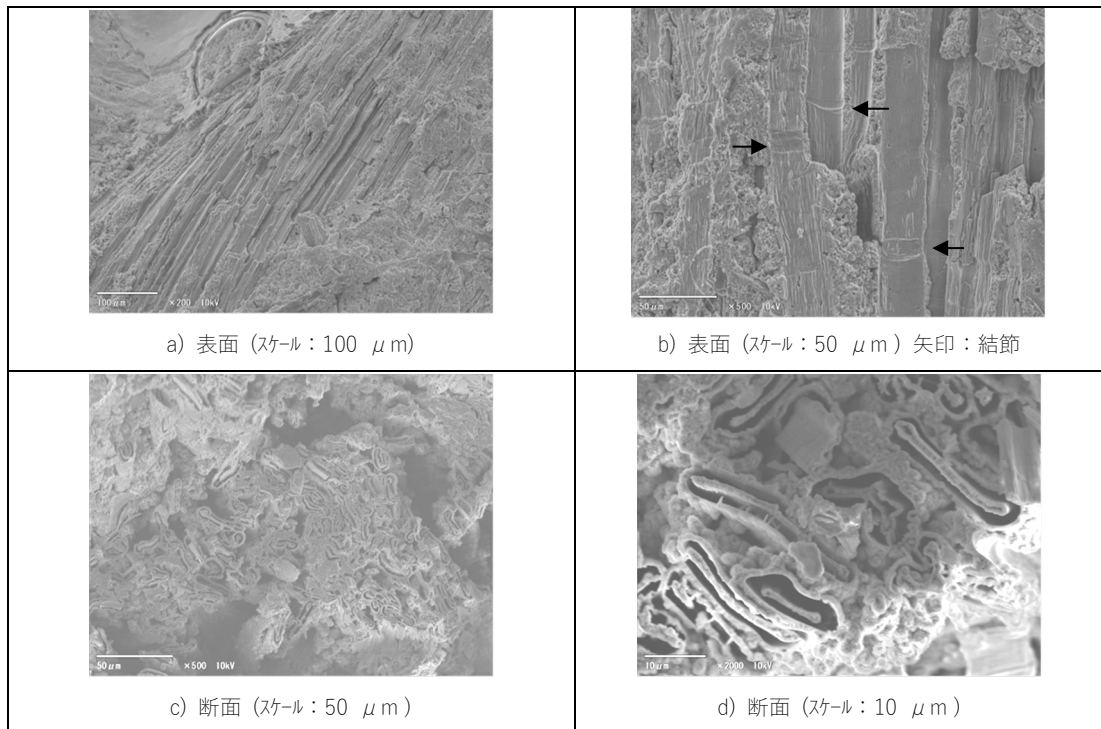


図 4.1-5 鏝に付着した布片の走査型電子顕微鏡像

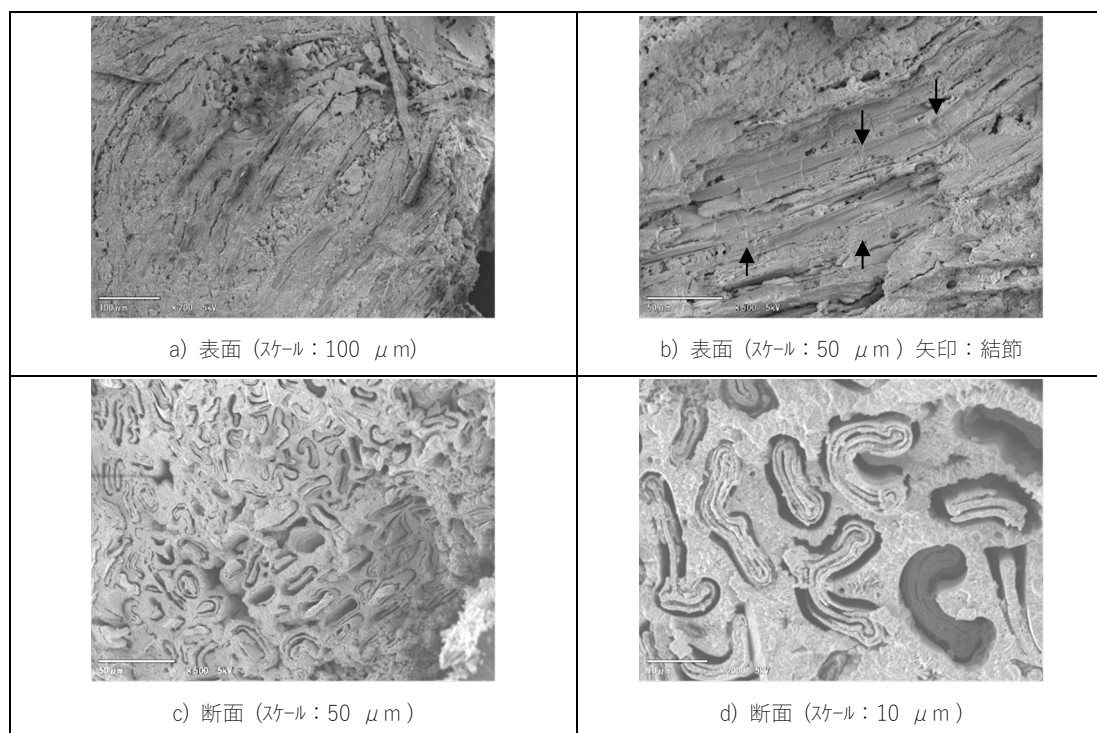


図 4.1-6 土砂中から出土した布片の走査型電子顕微鏡像

小 括

静岡県の高尾山古墳から出土した古墳時代の鍬に付着の繊維について調査した。繊維は錆によって硬化していたため錆除去の処理を行った後、FT-IR 分析ならびに SEM を行った。

その結果、FT-IR 分析においては、植物繊維や動物繊維に含まれるような特有のピークの観測はなく、土壌由来と考えられる珪素化合物もしくは炭酸塩のピークが観測された。また、SEM による繊維断面の観察においては、その繊維幅と劣化分解の様子が文献値や第 2 章において検討した人工劣化試験における大麻の特徴に類似しており、本分析に用いた繊維は大麻繊維である可能性が示唆された。

4.2 愛宕山遺跡（平安時代）の炭化繊維

愛宕山遺跡は群馬県碓氷郡松田町松井田愛宕山に所在し、国道18号線(松井田バイパス)改築工事に伴い、1971(昭和46)年に発掘調査された遺跡である。発掘調査の結果、6軒の7世紀後半から9世紀初頭にかけての住居址が確認されたが、その後諸般の事情で体系的な整理が行われず、2000(平成12)年度に群馬県教育委員会から依頼を受けた(財)群馬県埋蔵文化財調査事業団により整理作業が行われた。6軒の住居址の中で、特に火災にあった第4号住居址(9世紀初頭)からは、土師器(はじき)、須恵器(すえき)、鉄製品に加え炭化材が出土した。その中には複数の炭化繊維が含まれており、分析も行われているが、絹繊維以外は植物繊維ということしかわかっていない(松島ら a: 2001)。

それらの出土炭化繊維の内、植物繊維と分析された試料1種について、形態観察および本試料に含まれる生体鉱物(ファイトリス)の一つであるクリスタルについて調べた。

4.2.1 試料

第4号住居址から出土した炭化繊維は石製紡錘車、鉄製紡錘車が出土した地点を中心に、炭化した状態で出土したとの記録はあるが(松島ら b: 2001)、これらの出土繊維は遺物観察表には載せられていない。今回は資料番号102と称される炭化繊維を用いた。

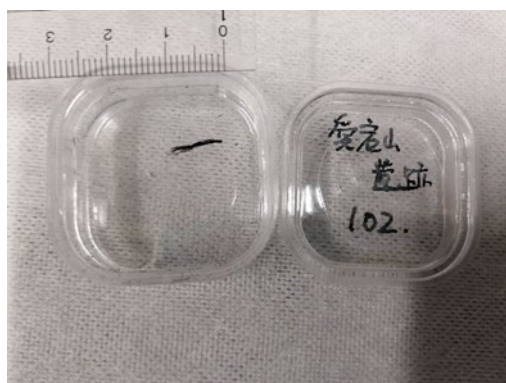


写真 4.2 炭化繊維試料 No.102

4.2.2 実験方法

4.2.2.1 乾式灰化

近藤錬三(近藤: 2010)の方法を参考にして、試料を以下のように灰化した。

電気炉(RPO-001: As-one 製)にて、約 0.3 mg を るつぼに入れて炉の温度を 100 °C で 10 分間、150 °C で 5 分間、200 °C で 10 分間、600 °C で 360 分間に設定して加熱したものをそのまま灰化試料として、観察に用いた。

4.2.2.2 形態観察および元素分析

灰化前の炭化繊維試料は、低温アセトン包埋切断法(本間ら：2011)により切断面を作製し、イオンスパッタリング装置(AT-ET：ATA 製)で金蒸着を施し、SEM(JSM-6010LA：日本電子製)を用いて加速電圧 5 kV もしくは 10 kV で観察した。試料の顕微鏡像のなかで繊維軸に垂直に切断された単繊維を選び、観察ソフトウェア(In Touch Scope Ver.1.11：日本電子製)の測長機能を用いて、単繊維断面の長径を繊維幅として測定し、また単繊維断面の外郭をトレースすることによって繊維断面積を計測した。なお、本計測数値は、像観察における電子線の振り幅を倍率と画素数で換算して求めており、ソフトウェア等による補正は行っていない。

灰化後の試料についても 2.1 と同様に SEM で観察を行った。さらに加速電圧 20kV で SEM 付属のエネルギー分散型 X 線分析装置(EDS)を用いた元素分析を行った。これにより得られた Ca および Si の元素のマッピング像をもとに、電子顕微鏡像におけるクリスタルとシリカの形状を観察した。

4.2.3 結果および考察

群馬県の愛宕山遺跡の第 4 号住居址(9 世紀初頭)より炭化状態で出土した繊維を本実験の灰化条件で灰化して、クリスタルの観察を行った。この単繊維 18 本の灰化前繊維断面積平均値は $66 \mu\text{m}^2$ ($19\text{-}141 \mu\text{m}^2$)、繊維幅平均値は $11 \mu\text{m}$ ($7\text{-}16 \mu\text{m}$)であった。

愛宕山遺跡の炭化繊維の灰化前の繊維表面と繊維断面の観察像、灰化試料に観察されたクリスタルの形状を図 4.2-1 に示した。観察されたクリスタルの形状は崩壊が進んでいるものの、四角柱もしくは六角柱状であった。表 4.2 に第 2 章で示した標品試料の人工炭化前後の繊維断面積ならびに繊維幅の測定結果を示した。愛宕山遺跡の炭化繊維の単繊維の標本数が少ないが、人工的に炭化して計測を行った標品繊維のうち、断面積平均値や繊維幅平均値に近いものとしては、大麻、科、楮、和棉が挙げられる。これらの繊維の中で、クリスタルの形状が本炭化繊維と同じものとしては、科と楮が挙げられる。主に集晶が報告されている(Catling et al: 2004)アサ科(大麻)やカラムシ科(苧麻)、アオイ科(ローゼル・ケナフ)ではなく、図 4.2-2 に示したシナ科(科)やクワ科(楨・楮)の可能性が高いことがわかる。

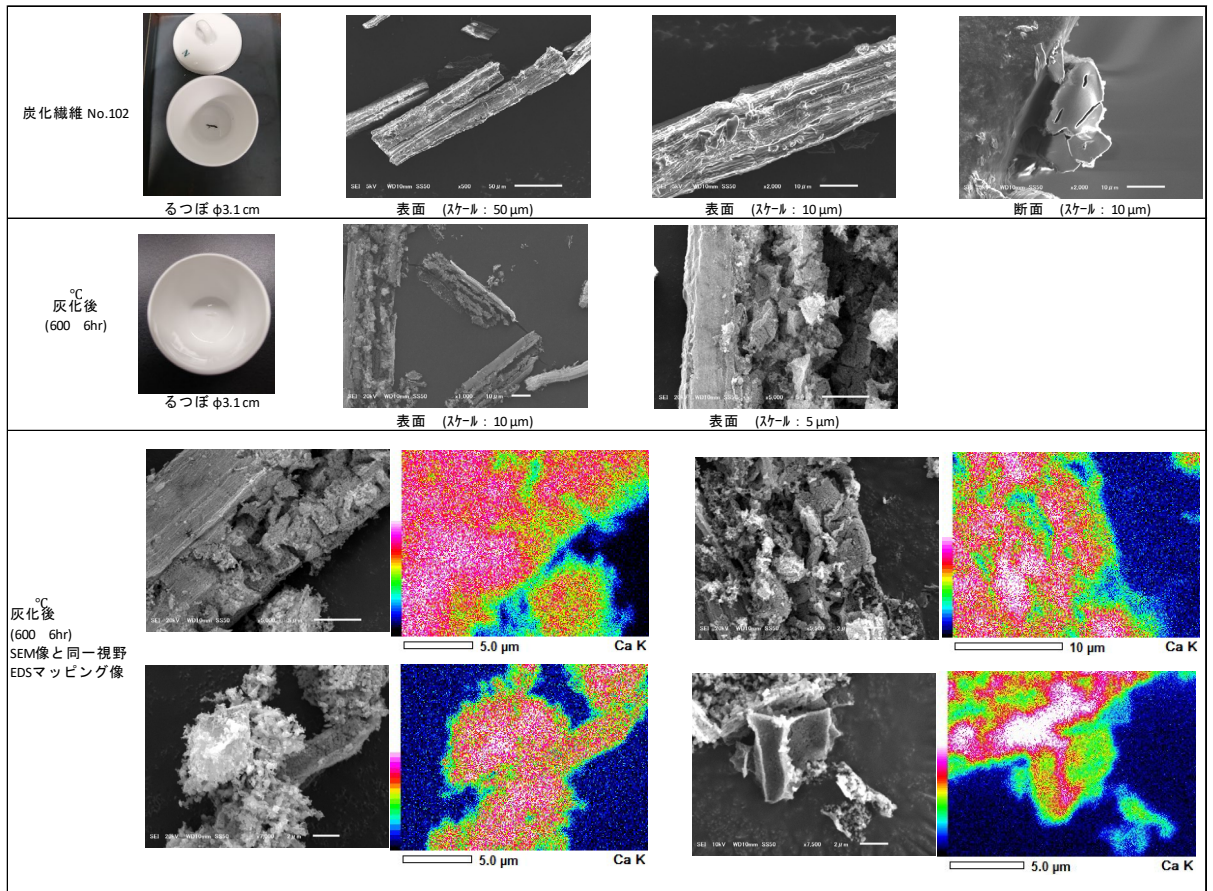
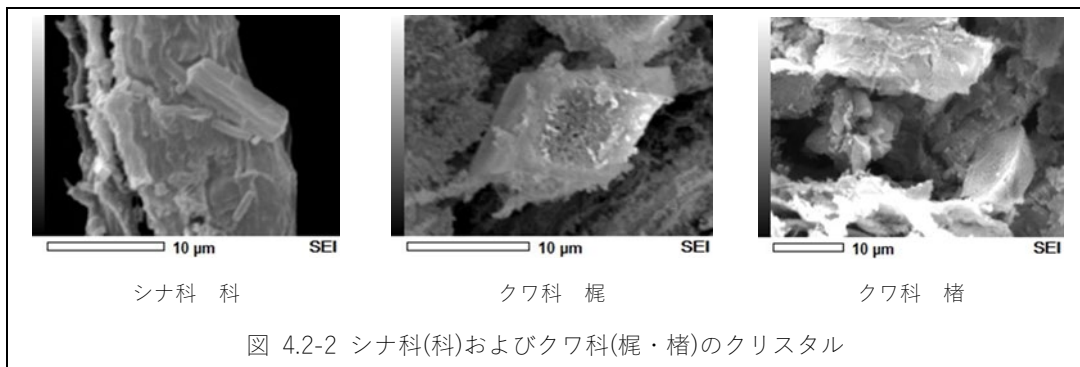


図 4.2-1 愛宕山遺跡出土炭化繊維 No102 の灰化前後の走査型電子顕微鏡像と元素マッピング像

表 4.2 標品繊維の炭化前後の断面積値

繊維の種類	未処理繊維		1°C毎分昇温炭化繊維		20°C毎分昇温炭化繊維	
	平均断面積(μm^2)	平均繊維幅(μm)	平均断面積(μm^2)	平均繊維幅(μm)	平均断面積(μm^2)	平均繊維幅(μm)
大麻	180 (74)*	25 (9)*	36 (29)*	9 (4)*	52 (25)*	11 (3)*
苧麻	286 (181)	30 (15)	85 (35)	15 (4)	114 (41)	19 (5)
葛	42 (16)	9 (2)	10 (3)	5 (2)	8 (3)	4 (1)
科	85 (43)	15 (4)	42 (19)	10 (3)	33 (20)	8 (3)
藤	29 (9)	8 (1)	7 (2)	4 (1)	4 (1)	3 (1)
梶	76 (29)	16 (4)	28 (18)	8 (2)	19 (7)	8 (2)
楮	173(114)	22(7)	43 (20)	11 (3)	52 (23)	11 (3)
芭蕉	51 (15)	16 (7)	14 (5)	7 (2)	14 (4)	8 (2)
和棉	148 (56)	22 (6)	46 (15)	15 (2)	45 (16)	11 (3)

(*)*:標準偏差



小 括

実際の微量な出土炭化繊維を灰化して、炭化繊維中に残っている生体鉱物を観察することができた。炭化繊維に限らず、繊維遺物として、入手可能な試料量が限られる場合、汎用的な FT-IR や X 線回折装置などでの分析や断面積や繊維幅のバラツキを考慮できるだけの顕微鏡データの取得が困難な場合もある。そのような試料において、生体鉱物の観察は試料量が 1 mg に満たない場合でもデータの取得が可能であることが証明できた。また、これまでの機器分析を用いた計測データに灰化物中のクリスタルの観察結果を加えることにより、地域の自生植物の中からさらに植物種を絞り込むことができる。

4.3 北斗遺跡（擦文時代：本州における奈良・平安・鎌倉時代頃）の炭化繊維

本遺跡は、旧石器時代から縄文・続縄文時代を経て擦文時代に至る重複遺跡で、釧路湿原を望む標高 20m 前後の台地上の東西 2,500m・南北 500m の範囲に、縄文・続縄文時代の浅い円形・楕円形竪穴 102 軒、擦文時代の四角形竪穴 232 軒がくぼんだ状態で残されている。擦文時代の竪穴住居（第 20 号住居跡）からは土器、石器、鉄器、木などの主な出土物に混じっていくつかの炭化繊維試料が出土した。これら出土した炭化繊維を鑑別するにあたり、北海道に自生する伝統的に繊維材料として用いられてきた標品繊維を人工的に炭化させたものを標品として形態を比較した。さらに形態の類似した標品が複数あり判別の難しかった出土繊維については、それらの標品との繊維断面積における有意差を検定することによって鑑別を試みた。

4.3.1 試料

4.3.1.2 出土炭化繊維

北斗遺跡の擦文時代竪穴住居第 20 号住居跡で出土した表 4.3-1 に示した繊維製品 4 種を鑑別試料として用いた。また、これらの出土した位置を図 4.3-1 に示した。本住居は焼失したものであり、これらの繊維製品はすべて炭化している。おそらく家屋の焼失時にこれらの試料も炭化したものと考えられるが、燃烧、燻蒸あるいは蒸し焼きなどの

表 4.3-1 出土した炭化繊維製品と試料番号

試料記号	釧路市埋蔵文化財調査センター における試料番号、名称(松田:1993)	形状
A	No.3151	糸
B	編物(糸入れ)	編物
C	No.2690(床)	繊維束
D	No.3481	布(編物もしくは織物)

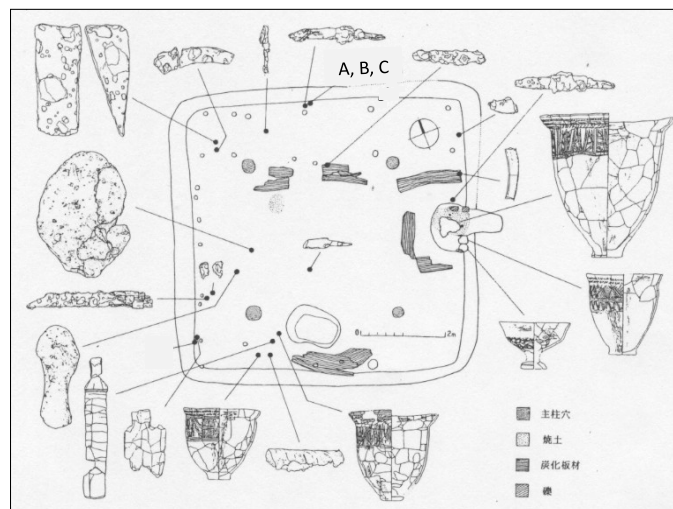


図 4.3-1 北斗遺跡第 20 号住居跡における出土物とその位置（松田 1993）

炭化の条件は不明である。

試料 A (糸) と試料 B (編物) は同じ場所で発見されたが、B は A を入っていた糸入れであると考えられている (松田 : 1993)。試料 C は試料 A、B の近くの刀子の下から出土しており、試料 D が見出された位置では、今回用いなかった他の炭化繊維も出土したことが松田 (松田 : 1993) によって報告されている。

4.3.1.2 北海道自生の現生植物

北海道に自生し、伝統的に繊維材料として用いられている以下の植物の樹皮、葉あるいは茎を標品として使用した : エゾイラクサ、ツルウメモドキ、オヒョウ、シナノキ、ヤマハギ、スゲ、ガマ、フトイ、テンキグサ、ヤマブドウの蔓。

エゾイラクサは 1996(平成 8)年 12 月に、ツルウメモドキは 1994(平成 6)年の 2 月から 3 月に、いずれも 静内町で採取され、繊維として利用するエゾイラクサの皮層、ツルウメモドキの内樹皮を自然乾燥させたものであり、北海道立アイヌ民族文化研究センター古原敏弘によって提供された。オヒョウおよびシナノキの内樹皮は、採取年不明であるが、ヤマハギの内樹皮と外樹皮、スゲの葉、ガマの葉、フトイの茎、テンキグサの葉およびヤマブドウの蔓の外樹皮は、1988(昭和 63)年 8 月に採取され、自然乾燥させたものである。これらの試料は共に採取場所の記録は残っていないが、早稲田大学所蔵試料で早稲田大学前教授櫻井清彦により提供された。

4.3.2 実験方法

4.3.2.1 炭化条件

本遺跡から出土した炭化繊維は前述の通り、家屋の焼失時に炭化したものと考えられるが、燃焼、燻蒸あるいは蒸し焼きなどの条件は不明であるため、人工炭化する植物繊維標品は示差走査熱量計 (EXSTAR DSC6200 : セイコーインスツルメンツ製) を用いて、窒素雰囲気下 (流量 : 50ml/分) で 5 分間室温に保持した後、室温から 15°C/分の速度で 450°C まで昇温する条件 (条件 I)、室温から 15°C/分で 100°C まで昇温後さらに 1°C/分で 450°C まで昇温する条件 (条件 II)、あるいは室温から 15°C/分で 100°C まで昇温後さらに 0.5°C/分で 450°C まで昇温する条件 (条件 III) の 3 つの昇温速度条件で炭化させた。

4.3.2.2 形態観察

初めに、全ての出土繊維および標品の形態を実体顕微鏡 (SZ40 : OLYMPUS 製) で 10~40 倍の倍率で観察した。次に、出土繊維および人工的に炭化させた標品は無蒸着で、未炭化の標品はイオンスパッタリング装置 (JFC-1100 : 日本電子製) を用いて金蒸

着してから、SEM (JSM-5310LV：日本電子製) で繊維表面と断面を 50～1000 倍で観察した (加速電圧 5kV)。なお、繊維断面を観察する際、試料を電顕試料トリミング用カミソリで切断し、試料断面がレンズ方向に向くようにカーボン両面テープで凸型試料載台に固定した。

4.3.2.3 繊維断面積の測定と有意差検定

出土繊維ならびに各標品の断面積は、断面の電子顕微鏡写真を拡大複写し、単繊維断面積に対応する紙重量を同質紙の単位面積の重量で除して求めた。各試料につき 100 個の単繊維を測定し、その平均値および分散を算出した。出土繊維 (A および C) の断面積と、未炭化および炭化標品の各断面積値の分散の等、不等を F 検定で検定した後、平均断面積値の有意差を t 検定で評価した。

4.3.3 結果および考察

4.3.3.1 出土炭化繊維および人工炭化標品繊維の形態

北斗遺跡出土の炭化繊維を鑑別するにあたり、北海道に自生し繊維材料として伝統的に用いられた植物で、入手可能であった、エゾイラクサ、ツルウメモドキ、オヒョウ、シナノキおよびヤマハギの樹皮、ヤマブドウの蔓の外樹皮、スゲ、ガマおよびテンキグサの葉、フトイの茎を標品として用いた。

『アイヌ植物誌』(福岡：2000)によると、エゾイラクサからとった繊維はハイモセといい、この繊維で織られた衣服は柔らかで手触りの良い上等な草皮衣として主にサハリンアイヌが着用したとあり、ツルウメモドキはその皮を剥いで糸を取ったとされている。また、丈夫で柔らかいシナノキはもっぱら縄や糸として広く利用したとある。オヒョウは紐に最も適しているうえ、柔らかく丈夫なため、布に織って厚司 (アットウシ) と呼ばれる樹皮衣の材料として使われたとされている。ヤマハギは茎にいやな臭いが無いため、鮭を背開きにして乾燥させる際の突っ張り棒として用いたり、小魚を刺して焼くのに用いたとされている。ガマはござ (チタラベ) を作る材料として用いられたとされており、スゲ・フトイ・テンキグサ (ハマニンニク) も同様にござの材料となっていたことが知られている (アイヌ民族博物館：2002)。ヤマブドウの蔓の皮は夏の履物 (シトウケリ) や編み袋、屋根の基部を結ぶ綱、漁具、男の子の遊具として用いられたとされている。これらのことから、これらの植物は今回の出土炭化繊維の素材である可能性は高いことが予想された。まず、出土繊維 A～D を未炭化および炭化後の標品の断面形態と比較した。4 種の出土炭化繊維 (A～D) の実体顕微鏡および電子顕微鏡写真を図 4.3-2 に示した。試料 A と C は複数の繊維が膠着しているが、ルーメンや単繊維間の境界

も識別できる。他方、試料 B と D は繊維が膠着して単繊維間の境界や断面形態が識別しにくい。

標品の全体像および断面と、炭化させた後の断面形態を図 4.3-3 に示す。炭化すると概して繊維断面が収縮したが、熱分解過程で起こる脱水・ガス発生により組織内が空洞化し、特にエゾイラクサ、スゲ、テンキグサおよびヤマブドウでは細胞壁が明確に見えるようになった。エゾイラクサとヤマブドウの形態は炭化後著しく変化し、これらの繊維が炭化した状態で出土した場合には炭化による形態変化を考慮に入れて鑑別する必要がある。

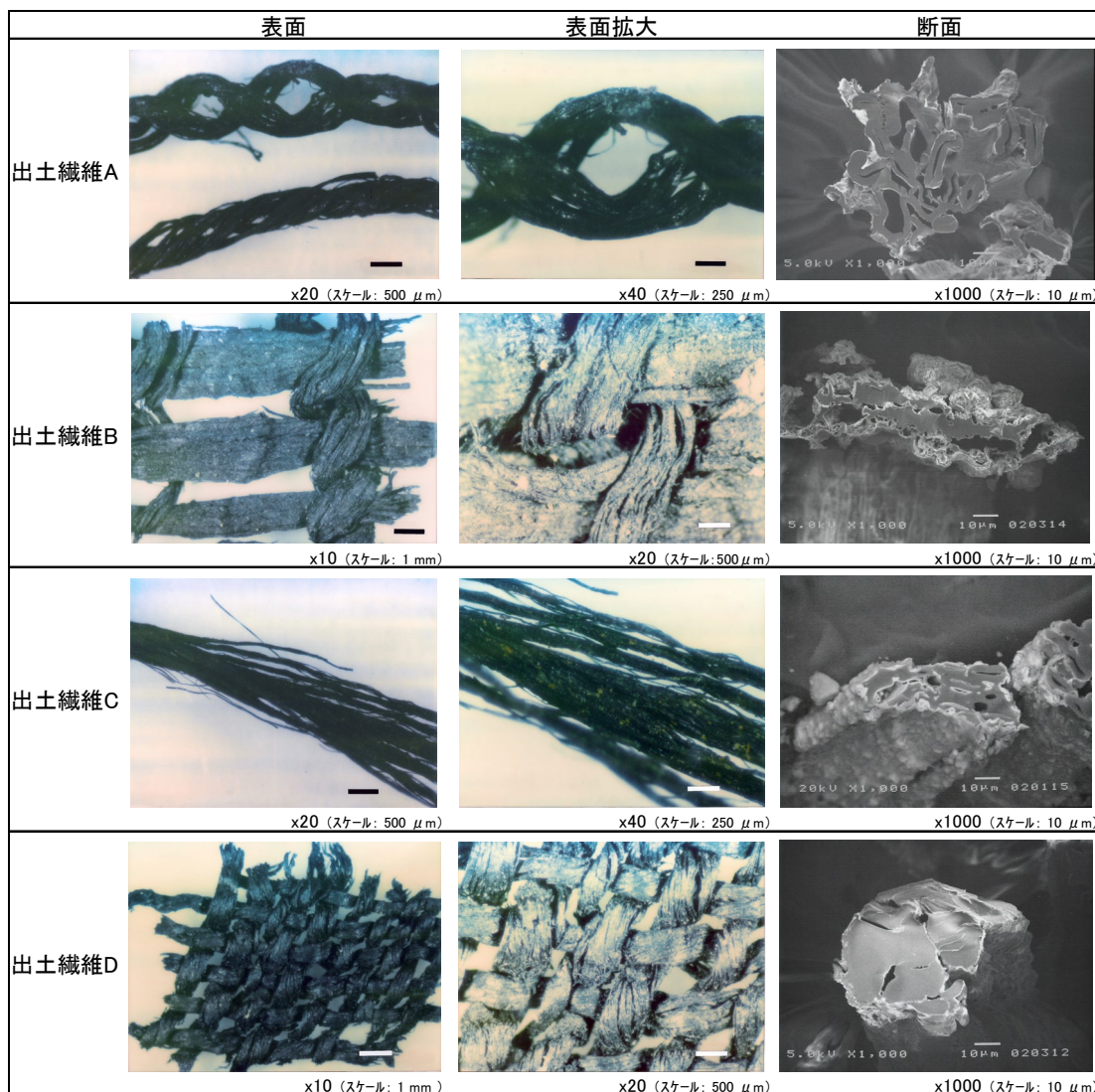


図 4.3-2 出土繊維 A~D の表面および断面観察像観察像

炭化していないエゾイラクサはツルウメモドキに比べやや扁平で、他方ツルウメモドキの断面は湾曲しているものが多い。炭化後の両者の断面はともに扁平であり、ルーメンの形が試料 A と類似している。試料 B の繊維の膠着状態や扁平な形状は炭化したオヒョウに酷似していることがわかる。試料 C は試料 A とやや類似し、繊維断面が扁平であ

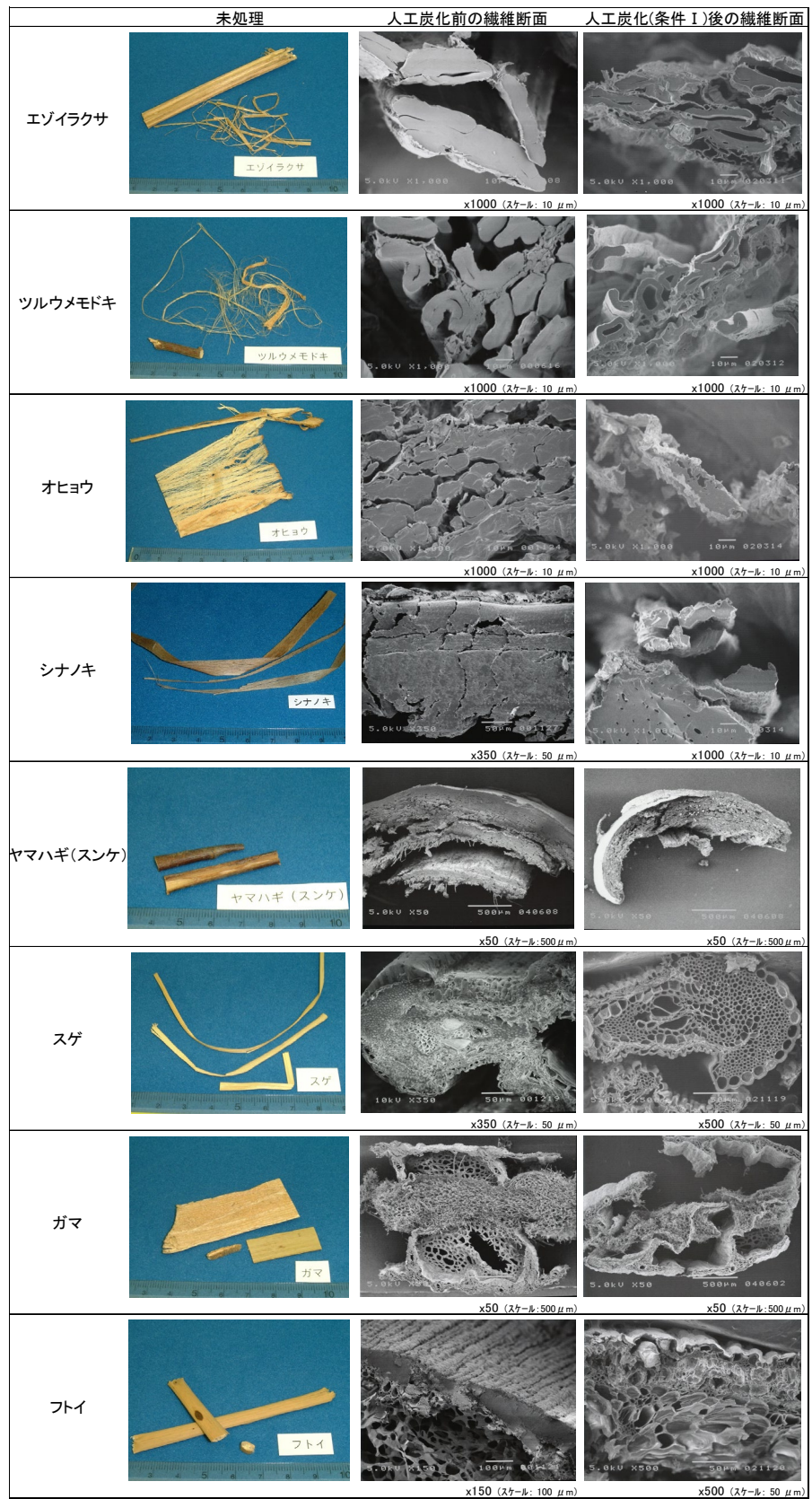


図 4.3-3 標品繊維とその人工炭化(条件 I)前後の繊維断面観察像

ることとルーメンの形状から、ツルウメモドキおよびエゾイラクサに類似している。試料 D の断面の形は膠着した繊維の一部が炭化後分割したシナノキに類似していることがわかる。これらの推測の根拠は炭化した植物繊維の形態との比較によるものであり、炭化する前の形態では判断は難しい。このように、出土繊維が炭化物ならば、第 2 章で述べたように標品も炭化させて鑑別する方が望ましい。

4.3.3.2 出土炭化繊維と人工炭化標品繊維の繊維断面積の比較

試料 A と C は、先述の顕微鏡による形態観察からエゾイラクサとツルウメモドキが候補として考えられたが、それ以上の特定が難しい。そこで、試料 A および C と、条件 I、II で炭化したエゾイラクサとツルウメモドキの繊維の断面積値を測定した。

標品繊維の断面積値は炭化によって収縮し、その分散状態は図 4.3-4～4.3-7 に示すように、炭化前より狭い範囲に収束した。

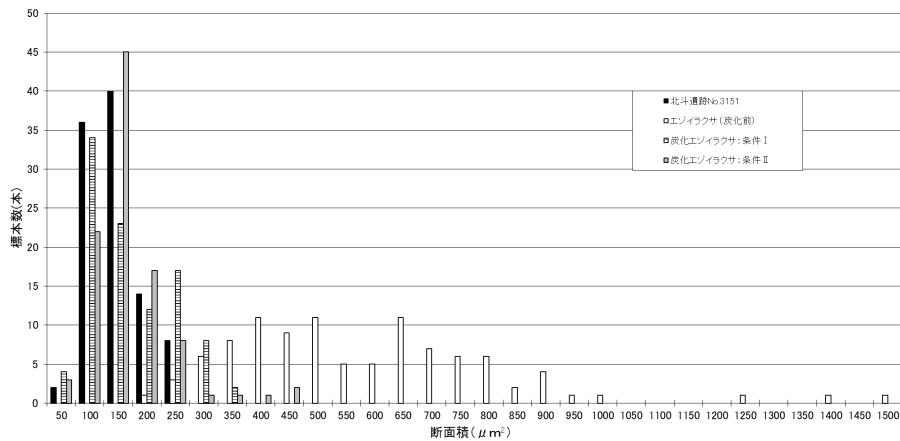


図 4.3-4 出土試料 A と未炭化および炭化エゾイラクサの繊維断面積値の比較

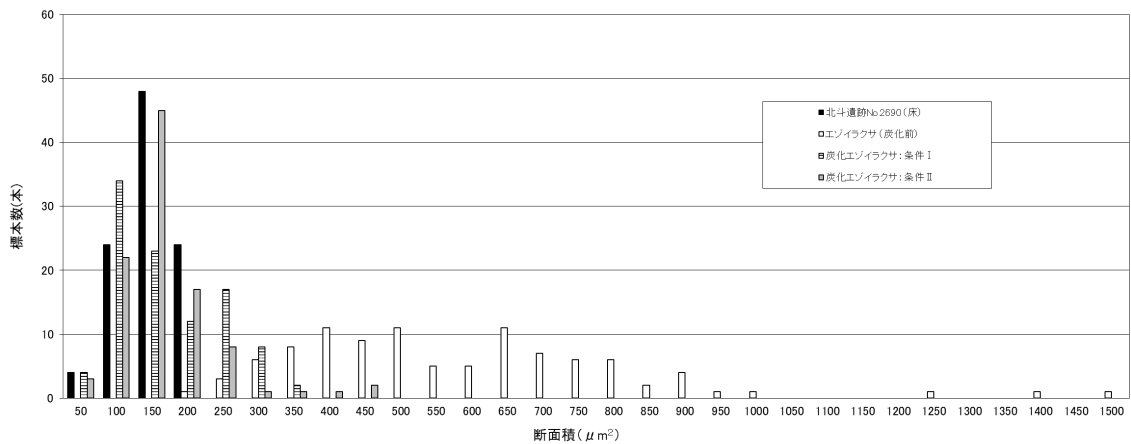


図 4.3-5 出土試料 C と未炭化および炭化エゾイラクサの繊維断面積値の比較

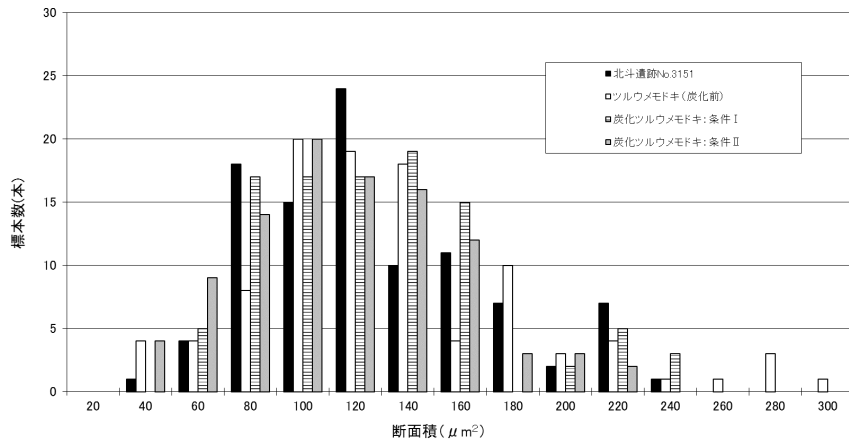


図 4.3-6 出土試料 A と未炭化および炭化ツルウメドキの繊維断面積値の比較

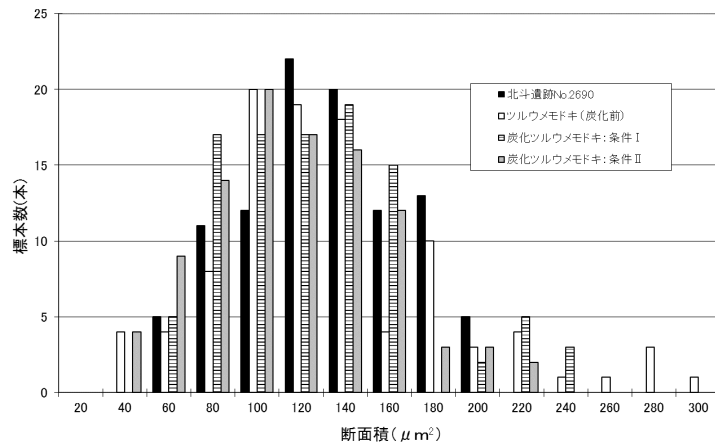


図 4.3-7 出土試料 D と未炭化および炭化ツルウメドキの繊維断面積値の比較

また、表 4.3-2 に示すように、炭化条件Ⅱは条件Ⅰと比べて昇温速度が遅いため炭化がより進行し、繊維の収縮も大きかった。未炭化のエゾイラクサの繊維断面積は平均 553 μ

表 4.3-2 出土試料 A、C とエゾイラクサおよびツルウメドキの繊維断面積の統計比較

	平均 (μm^2)	標準偏差	分散	範囲 (最大-最小)	最少	最大	積算面積 (μm^2)	標本数	有意差 ¹⁾	
									Aに対する	Cに対する
出土繊維A	116	43.2	1868.0	183.3	39.4	222.7	11553.4	100	—	—
出土繊維C	121	37.2	1386.6	156.3	41.2	197.5	12105.2	100	—	—
未炭化エゾイラクサ	553(100) ³⁾	235.0	55239.6	1288.2	182.7	1470.9	55251.3	100	有り**	有り**
炭化エゾイラクサ(条件Ⅰ ²⁾)	146(26)	72.7	5278.3	303.4	36.5	339.9	14563.0	100	有り**	有り**
炭化エゾイラクサ(条件Ⅱ ³⁾)	139(25)	71.4	5101.8	388.8	39.7	428.5	13928.5	100	有り**	有り*
炭化エゾイラクサ(条件Ⅲ ⁴⁾)	115(21)	48.8	2382.9	191.6	33.0	224.6	11450.0	100	有り**	無し
未炭化ツルウメドキ	124(100) ⁵⁾	54.8	3005.1	260.7	32.0	292.7	12379.6	100	無し	有り**
炭化ツルウメドキ(条件Ⅰ ²⁾)	118(95)	42.2	1782.3	184.2	47.7	231.9	11750.8	100	無し	無し
炭化ツルウメドキ(条件Ⅱ ³⁾)	106(86)	39.2	1533.0	180.3	31.4	211.7	10607.6	100	無し	有り**

¹⁾ *: 危険率5%における有意差、** : 危険率1%における有意差

²⁾ 炭化条件Ⅰ : 室温から15°C/分で450°Cまで昇温

³⁾ 炭化条件Ⅱ : 室温から15°C/分で100°Cまで昇温後さらに1°C/分で450°Cまで昇温

⁴⁾ 炭化条件Ⅲ : 室温から15°C/分で100°Cまで昇温後さらに0.5°C/分で450°Cまで昇温

⁵⁾ 未炭化試料の断面積を100としたときの相対値

m²と際立って大きく、100個の試料間でもばらつきがあり、ツルウメモドキと比べて大きく分散していた。しかし、これを炭化すると炭化前の断面積の25~27%に収縮し、他の繊維に近い値となる。また断面積値の分散も約10分の1に低下し、狭い範囲に収束した。未炭化のツルウメモドキの繊維はエゾイラクサに比べて細いが、炭化による収縮も比較的小さく、未炭化の断面積値の86~95%に収縮した。試料Aは、炭化ツルウメモドキ(条件II)にやや近い分布を示しているが、試料Cについてはグラフ上の比較のみでは明確ではない。次に、試料AおよびCと各炭化標品との平均断面積値の有意差をt検定で評価した結果、Aとツルウメモドキは炭化条件にかかわらず等しく、一方、Aとエゾイラクサは炭化条件にかかわらず危険率1%で有意差があった。従ってAはツルウメモドキであると結論することができる。すなわち、オヒョウ(B)を使って編んだ糸入れにツルウメモドキの糸(A)を入れて使っていたと考えられる。試料Cを条件Iで炭化した標品と比べた場合、エゾイラクサとは危険率1%で有意差があり、ツルウメモドキとの間に有意差はなかった。しかし、標品を条件IIで炭化した場合、エゾイラクサとの有意差は危険率5%で認められ、ツルウメモドキとは危険率1%で有意差があることになり、標品の炭化条件によって異なる結果となった。この結果を以下のように考えた。ツルウメモドキの繊維はエゾイラクサに比べて細く、炭化後も炭化前の95%(炭化条件I)あるいは86%(炭化条件II)の断面積を保持し、収縮は小さい。試料Cは断面積が小さく、未炭化の標品と比較するとエゾイラクサよりツルウメモドキに近い。このため、比較的ゆるい炭化条件Iで5%だけ収縮したツルウメモドキとは有意差がなくなった。しかし、より炭化が進むIIの条件で炭化するとツルウメモドキはさらに収縮したため、試料Cとの間に有意差ができた。他方、未炭化のエゾイラクサの断面は大きく、比較的ゆるい条件(I)で炭化しても試料Cの値と差があった。しかし、厳しい条件(II)で炭化するとより大きく収縮するため、この有意差の危険率も高くなり、危険率1%では有意差は認められなくなったものと考えられる。この推論を確認するために(II)よりさらに炭化が進む条件(III)で炭化したところ、エゾイラクサの断面積はさらに収縮し試料Cの値との有意差は認められなくなった。結果的に、この方法を用いてもCの繊維種を推定するにはあいまいな点が残る。これらの出土試料が炭化した条件は不明であるが、試料Cが擦文期の住居跡から分解することなく形態を維持した状態で出土していることから、その炭化の程度は完全に近いことが推測される。この推測の下では、試料Cはエゾイラクサである可能性が大きい。

小 括

北海道北斗遺跡の擦文時代竪穴住居跡から炭化した状態で出土した4種の繊維(A~D)について、北海道で伝統的に繊維材料として用いられてきた10種類の植物繊維を標品と

して炭化させ、その形態を比較することにより鑑別を試みた。観察した植物繊維の多くは炭化によって形態が変化し、断面が収縮した。出土繊維のうち、BとDはそれぞれオヒョウとシナノキであることがこの方法で明らかとなった。他方、AとCは共にツルウメモドキとエゾイラクサに類似していたが、これらのうちのどちらかには断定できなかった。そこで、AとCおよび炭化繊維標品の各100個の繊維断面積を求めて有意差を検定し鑑別を試みた。この結果、Aはツルウメモドキであることが結論できた。他方、炭化すると大きく収縮するエゾイラクサが炭化条件によってその収縮率が異なるため、Cについては不確実な点が残った。ただし、Cがほぼ完全に炭化しているという推測の基ではエゾイラクサの可能性が高い。従来、多くの繊維鑑別は断面形態もしくは断面の径を測定することで行われてきたが、第2章に詳記の通り繊維遺物の鑑別や産地の推測においては、繊維の特徴が炭化や劣化により変化する可能性も勘案する必要性が示唆された。元来固体間でばらつきの多い植物繊維遺物の鑑別の確度向上のためには、標品となる繊維をその遺物の状態に近い状況に処理したものをを用い、統計的な手法を用いた客観評価を行うことを鑑別の補助的手段として取り入れることを提案したい。また、試料Cの場合のように、この方法は得られた鑑別結果自体の不確実性をも明確にするものであり、鑑別の確度を求めていく上で有効な補助手段となりうると考える。

4.4 堂ヶ谷廃寺（平安～鎌倉時代）出土露金具内部の繊維

本遺跡は、富士山静岡空港(2009/平成 21 年開港)建設にあたり、横断道路の区域に存在したため、新規に遺跡登録され調査されたものである。堂ヶ谷廃寺は静岡県牧之原市坂口字ドウガヤに所在する。堂ヶ谷川沿いの標高約 70 m の中腹にあり、平野部から 500 m ほど奥まった地点である。堂ヶ谷川一帯に坊院坊舎が建ち並ぶの里山の信仰空間の一部であったと推測される。本遺跡では、平安時代から鎌倉時代の寺院跡と経塚が発見されている。この遺跡から華籠(けこ)*に付随する露金物**が基壇四方に設けられた石組排水路の北面で出土した。この場所からは本露金具の他にも釘や寺院の荘厳に伴う飾金具と思われる小型の銅製品も数多く出土しているが、火災等により溶け出しており図化できないものも多かったと報告されている。その中で幸いにも遺物として残っていた露金物の内部に束の状態で撚り詰め込まれていた繊維について、FT-IR ならびに顕微鏡を用いて調査した。また、周囲の金属に触れていない繊維束の中心に円心状に緑青状の着色が認められた部位については、X 線分析を行った。

*：華籠（けこ）：法要の際に諸仏を供養するために散じる蓮弁を型取った紙の花びら(散華：さんげ)を盛る器



写真 4.4-1 華籠(けこ)

https://sakura-paris.org/dict/%E5%BA%83%E8%BE%9E%E8%8B%91/content/6153_182 より



写真 4.4-2 散華（さんげ）

散華美術館
<http://www5f.biglobe.ne.jp/~sangemuseum/about/kind.html> より

**：露金物：華籠からつるされる紐(飾り紐)の先端についた重しの部分

4.4.1 試料

華籠に付随する露金物（直径 0.8 cm×長さ 3 cm）内に写真 4.4-3 に示すように詰め込まれていた繊維を調査対象とした。繊維表面の所々には、周囲の金属の腐食により緑青が附着していた。また、繊維束の中央は写真 4.4-4 に示すように円心状に緑青状の着色が認められた。



写真 4.4-3 全体像
(直径 0.8cm×長さ 3cm)



写真 4.4-4 断面拡大
(実体顕微鏡 10 倍)

本試料から少量の繊維を採取し、分析に用いた。採取した試料(未処理試料)の一部を蒸留水に浸漬して超音波洗浄(1分×3回)し、洗浄後試料とした。

4.4.2 実験方法

4.4.2.1 糸幅の測定

未処理試料を実体顕微鏡(SZ-40:オリンパス製)にて観察し、接眼マイクロメーターにて5本の糸幅を測定し、平均値を求めた。

4.4.2.2 FT-IR による分析

FT-IR(FT/IR-480Plus:日本分光製)を用いて、1回反射ATR(ZnSeプリズム, ATR PRO410-S:日本分光製)で測定を行った。

4.4.2.3 SEM による形態観察と繊維幅の測定

観察にはSEM(JSM-5310LV:日本電子製)を用いて、未処理繊維と洗浄後繊維の観察を行った。各試料は未蒸着状態で低真空モード観察(30 Pa)を行った後、イオンスパッタリング装置(JFC-1100:日本電子製)で金蒸着(1.2 kV, 10 mA, 膜厚約 20 nm)を施して高真空モード(加速電圧 5 kV)で観察した。繊維幅測定は観察・計測ソフトウェア(デジキャプチャー)の側長機能を用いて、単繊維 30 本の幅を測定し、平均値を求めた。

4.4.2.4 繊維束中心の緑青状着色物質の分析

エネルギー分散型蛍光 X 線装置 (JSX-3100R II : 日本電子製) で 1 mm φ コリメーターを用い、繊維束中心部の緑青状着色物質の元素分析を行った。

4.4.3 結果および考察

4.3.3.1 糸幅・撚り方向

実体顕微鏡下で測定した5本の糸幅の平均は0.4 mmであった。また、撚り方向はS撚であった(写真4.4-5)。



写真 4.4-5 糸(実体顕微鏡 20 倍)

4.4.3.2 FT-IR 分析

FT-IR 測定の結果を図 4.4-1 に示す。赤外分光法は赤外線を利用して分子結合の運動エネルギーを測定することにより、分子構造を解析するものである。本試料のスペクトルにはピーク No.6 と No.7 にそれぞれ多糖の構成要素に特徴的な 1155 cm^{-1} (C-C:ピラノース環呼吸振動)、 1105 cm^{-1} (C-O-C:グリコシド由来)の吸収をはじめ、植物繊維(セルロース)に帰属する吸収(Garside ら:2003)が確認された。

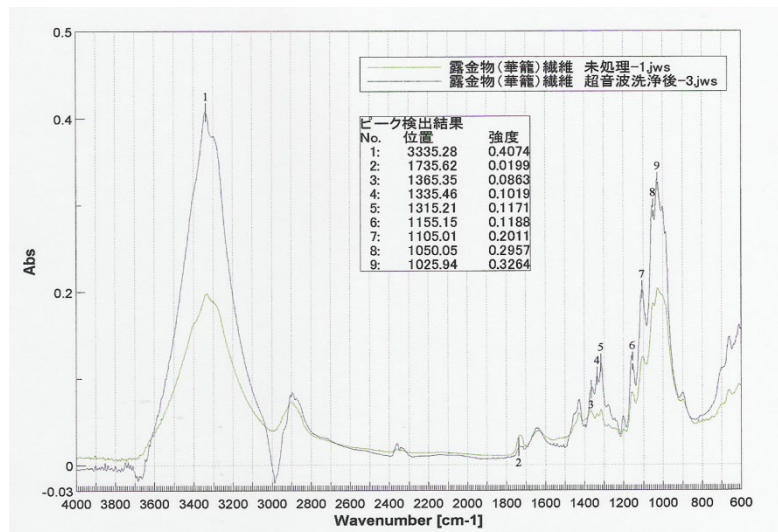


図 4.4-1 堂ヶ谷廃寺・経塚 露金物内繊維 FT-IR スペクトル

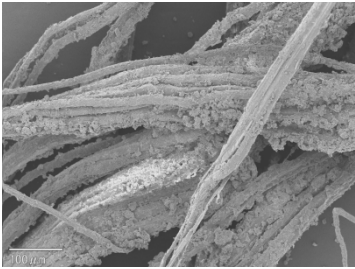
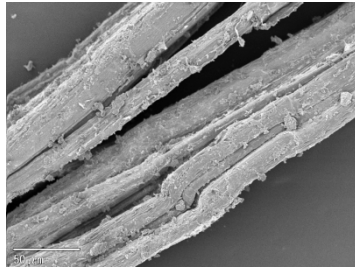
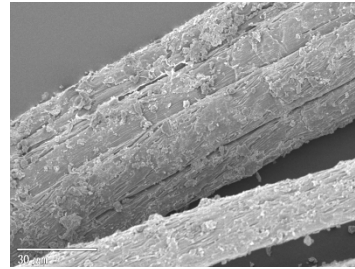
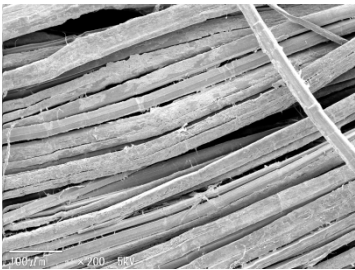
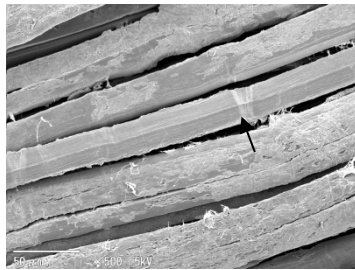
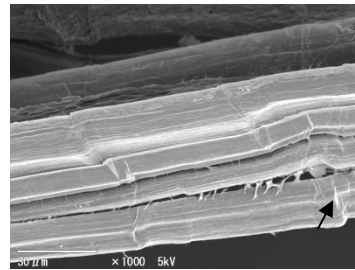
4.4.3.3 形態観察と繊維幅(長径)測定

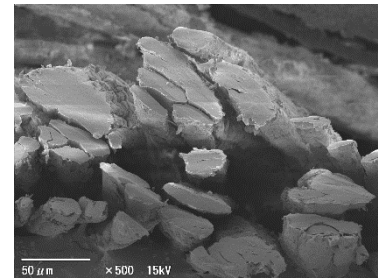
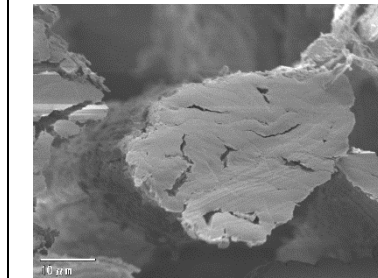
SEMで観察した表面および断面像を写真4.4-6から写真4.4-13に示す。未処理試料の繊維の周囲には粒状の付着物が多数観察される。洗浄後試料では付着物が除去され、繊維表面の状態が明確になった。繊維表面には結節が認められた。

これらSEMで観察した単繊維表面における結節の存在、横断面およびルーメンの形状ならびに繊維幅の平均値は文献値(東:2000)ならびに第2章で述べた大麻繊維に酷似していた。大麻は縄文前期の鳥浜貝塚からも発見されており(布目:1999)、木綿の普及(16世後半)を見るまで普通人の主要な衣料原料であり衣草の別名を持ち、その後も昭和の初めまでは軍需製品や畳糸、漁網などの重要織物原料であった(大蔵:1996, 柴田:2001, 長

谷川：1937)上に、古くから罪穢れを祓う神聖な植物として扱われ、現代に至るまで神事的なものに利用されていることから、本試料が大麻繊維である可能性が高い。

以上、FT-IR ならびに SEM による形態観察と繊維幅測定の結果および上記のような歴史的背景から、試料は大麻である可能性が高い。

		
写真 4.4-6 未処理試料 (スケール 100 μm)	写真 4.4-7 未処理試料 (スケール 50 μm)	写真 4.4-8 未処理試料 (スケール 30 μm)
		
写真 4.4-9 洗浄後試料 (スケール 100 μm)	写真 4.4-10 洗浄後試料 (スケール 50 μm) 矢印：結節	写真 4.4-11 洗浄後試料 (スケール 30 μm) 矢印：結節

	
写真 4.4-12 洗浄後試料断面 (スケール 50 μm)	写真 4.4-13 洗浄後試料断面 (スケール 10 μm)

4.4.3.4 繊維束中心の緑青状着色物質の分析

蛍光 X 線分析装置による元素分析の結果、図 4-25、表 4-4 に示すようなスペクトルならびに質量(%)結果が得られた。繊維の構成成分である C,O といった元素を除くと、Cu の含有率が突出して高いことが分かった。露金物本体の元素分析においても銅が最も多く検出されており(足立ら：2010)、従って、繊維束中心の着色は緑青によるものである可能性が高い。露金具の内壁から侵食した様子はないため、露金具内部まで繊維を挿入する際に繊維束の中心に細い銅線を用いた可能性が示唆された。

また、露金物内の繊維が極めて良好な状態で残存したのは、繊維束が露金物に覆われて外部への露出が殆どなかったことと、内側から受ける Cu イオンの影響で微生物等の腐食分解を受けなかった可能性も考えられた

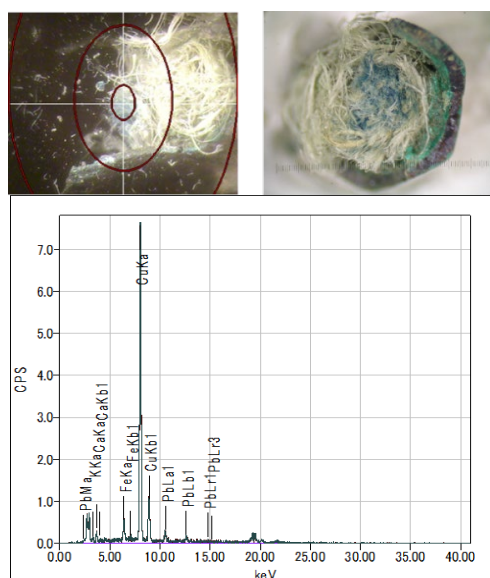


図 4-25 エネルギー分散型蛍光 X 線分析スペクトル

表 4-4 エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置

JSX-3100R II (JEOL 製) 分析結果

元素	質量%(酸化物)
K	6.0
Ca	9.4
Fe	3.8
Cu	74.3
Pb	6.5

小 括

本試料は、平安から鎌倉時代の寺院跡から出土した銅製の露金物内に詰め込まれていた繊維遺物である。FT-IR の結果から植物繊維であることが分かり、その形態から大麻繊維である可能性が高い。また、露金物内に詰め込まれた繊維の中心部が緑青色に染まっていたため、その部分をエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置で分析したところ、主要成分として銅が検出されたため、緑青による着色であることが分かった。これは、露金物内に繊維を詰め込む際に繊維を巻き付けた銅線が酸化したものと考えられた。華籠の飾り紐はそれなりの長さがあったと考えられるが、遺物として採取されたのは露金物内に詰め込まれていた繊維のみだったことは、銅イオンの存在が微生物等による繊維の腐食を防いだと考えられた。

4.5 駿府場内遺跡（室町時代）の出土繊維

本遺跡は 2007(平成 19)年 6 月から 12 月に駿府場内遺跡の範囲内にあたる静岡県静岡市追手町、静岡地方簡易裁判所の建て替えにあたり、埋蔵文化財発掘調査業務として(財)静岡県埋蔵文化財調査研究所によって駿府場内特有の大溝の調査が行われた(河井ら a : 2009)。この遺跡は、安倍川が形成した扇状地の扇頂部付近という静岡・清水平野の中でも最も安定した地域に営まれている。この地域はかつて駿河国の国府がおかれていたことから「駿府」とよばれていた。駿府は、室町時代から戦国時代が最も輝きを放っていた一時代であるが、現代社会においてその手掛かりは既に多くない。本遺跡の発掘調査によって得られる貴重な発見の数々は当時の暮らしを彷彿とさせる。本出土繊維が出土した当時のゴミ捨て場であった大溝からは、同時に土器、国産陶器、貿易陶磁、木製品、石製品、瓦質製品、動物遺存体と多彩な遺物が混在して出土しており、当時の生活で不要となった物資が随時捨てられていたことを物語っていた。さらに、水のようにどんだ状態で調査時の時点でも腐敗臭が残る生々しい状況であった。発掘調査によって 15 世紀頃の大溝 SD500（新溝）から、本遺跡における唯一の繊維遺物である布片が発掘された。この布片について SEM、FT-IR、熱分解ガスクロマトグラフ質量分析計 (PYGC-MS)を用いて、分析調査した。

4.5.1 試料

長さ 9.5 cm、幅 11.5 cm、厚さ約 0.1 cm の出土布（写真 4.5-1）から約 5 mm 四方の布片（写真 4.5-2）を採取した。



写真 4.5-1 駿府城内遺跡 大溝 SD500(新溝) 出土

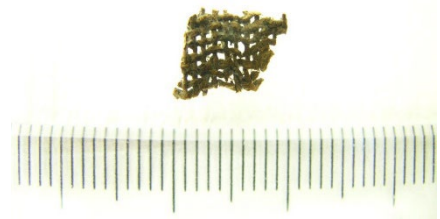


写真 4.5-2 採取試料

4.5.2 実験方法

4.5.2.1 洗浄

試料はポリエチレングリコール(PEG)で固定された状態であったため、まず、蒸留水に浸して、PEG を除去した。この状態において、実態顕微鏡による観察測定を行った。さらに、その後、試料を蒸留水に浮遊させた状態で、超音波洗浄器に 5 秒間置いた後、蒸留水を交換する方法で 5 回洗浄したものを凍結乾燥し、分析用試料とした。

4.5.2.2 織密度・糸幅測定

PEG を除去した試料を実体顕微鏡(SZ-40:オリンパス製)下で観察し、接眼マイクロメーターにて織密度と糸幅の測定を行った。また、布片の画像から、撚り角度(10 か所平均)を求めた。

4.5.2.3 形態観察・繊維幅測定

分析用試料の表面および断面を SEM(JSM-5310LV:日本電子製)で観察測定した。表面は無蒸着にて低真空モード(53 Pa)、加速電圧 15 kV で観察した。断面は試料にイオンスパッタリング装置(JFC-1100:日本電子製)で膜厚約 20 nm の金蒸着を施し、高真空モード、加速電圧 5 kV で観察した。繊維幅測定は走査型電子顕微鏡の観察・計測ソフトウェア(デジキャプチャー)にて単繊維 30 本の幅を測定し平均値を求めた。

4.5.2.4 繊維痕周辺部の分析

4.5.2.4.1 微小部 X 線回折

X 線回折装置 RAPID II -CMF(リガク製)で $\text{CuK}\alpha$ の X 線を使用して布片の測定を行い、解析ソフトウェア(汎用 2 次元データ処理ソフトウェア 2DP, 統合粉末 X 線解析ソフトウェア PDXL)にて解析を行った。

4.5.2.4.2 FT-IR 測定

フーリエ変換赤外分光光度計 FT/IR480Plus(日本分光製)を用いて 1 回反射 ATR 法(ATR PRO410-S)で ZnSe プリズムを使用し、測定を行った。

4.5.2.4.3 PYGC-MS

熱分解ガスクロマトグラフ質量分析計(PY-2020D:フロンティア・ラボ製, GC6890N/5973 Network Mass Selective Detector:アジレント・テクノロジー製)で熱分解温度 550°C、GC カラム DB-5ms(アジレント・テクノロジー製)を用いて

材質分析を行った。

4.5.3 結果および考察

4.5.3.1 織組織

本試料の織組織を表 4.5 に示す。タテ糸・ヨコ糸それぞれ 1 本からなる平織りの布で、全体が硬化していた。硬化の状態は PEG 除去後も変わらず、超音波による洗浄においても織が緩むことはなかった。織密度はタテ糸 14 本/cm、糸幅平均は 0.4 mm(0.3~0.5

mm)、ヨコ糸 12 本、糸幅平均は 0.5 mm(0.4~0.8 mm) であった。撚り方向はタテ糸、ヨコ糸共に S 撚り、撚り角度はタテ糸が 62 度、ヨコ糸が 55 度であった。

表 4.5 駿府城内遺跡 大溝 SD500(新溝)出土繊維の織組織

平織	タテ糸	ヨコ糸
織密度(本/cm)	14	12
糸幅(平均:mm)	0.4	0.5
撚り方向	S 撚	S 撚
撚り角度	62 度	55 度

4.5.3.2 繊維種の推定

SEM で観察した表面像を図 4.5-1 に示す。超音波洗浄を行っても、表面全体にカビの菌糸やその他の付着物が観察されたが、所々で繊維の輪郭が確認できた。繊維表面には結節が認められた(図 4.5-1c))。断面像を図 4.5-2 に示す。断面観察においては、繊維内部は劣化分解して空洞化しており、丸みを帯びた多角形の輪郭形状が確認できるのみであった。輪郭形状から測定した繊維幅 30 本の平均は 19 μm (10~35 μm)であった。

繊維自体は消失していたが、鋳型となったこれらの形態の外殻は繊維が劣化分解される以前の形態を保持している可能性が高く、繊維幅は第 2 章で述べた未処理の大麻繊維の特徴や文献値(東：2000)と一致する。大麻は縄文前期の鳥浜貝塚からも発見されており(布目：1999)、木綿の普及(16 世後半)を見るまで普通人の主要な衣料原料であり衣草の別名を持ち、昭和の初めまでは軍需製品や畳糸、漁網などの重要織物原料であった(大蔵：1996, 柴田：2001, 長谷川：1937)。これらのことから、本試料の材質は大麻である可能性が高い。

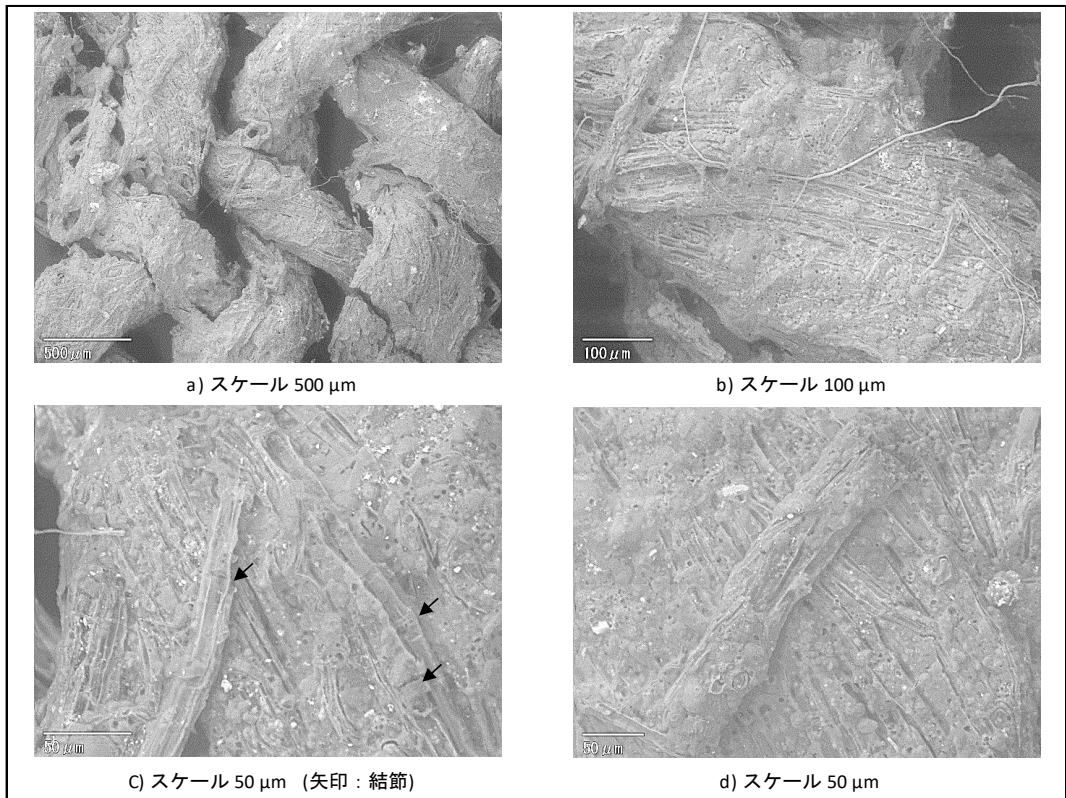


図 4.5-1 駿府城内遺跡 大溝 SD500(新溝) 出土布片繊維表面の走査型顕微鏡観察像

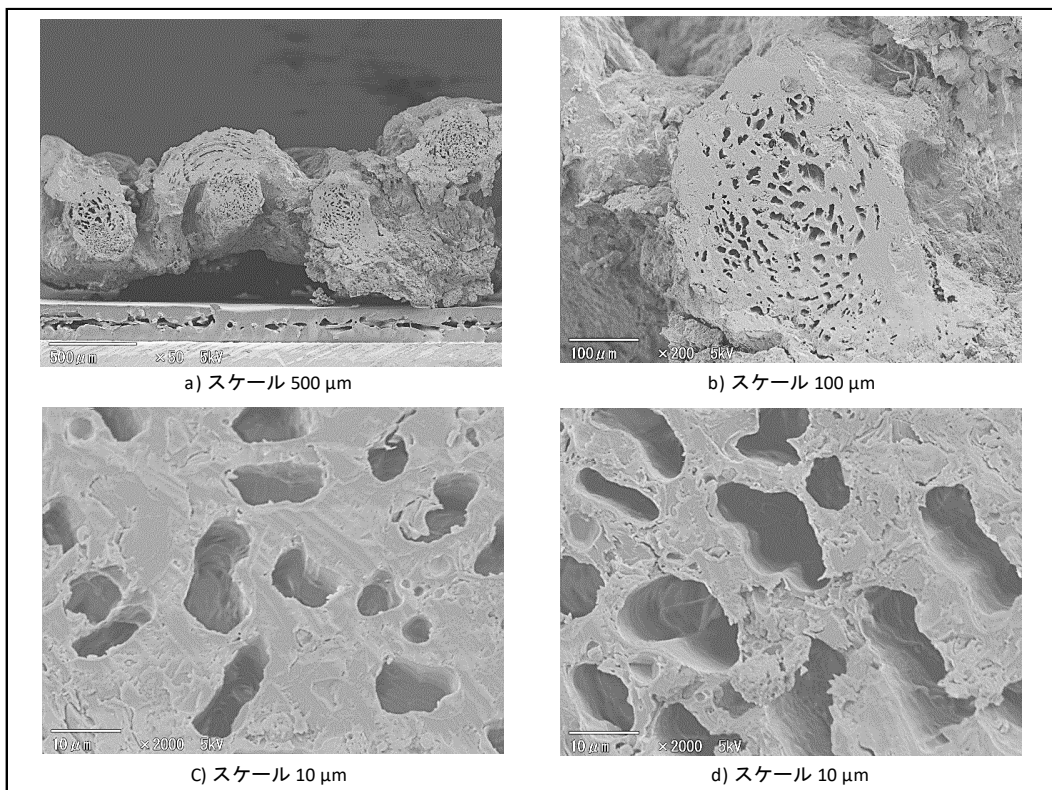


図 4.5-2 駿府城内遺跡 大溝 SD500(新溝) 出土布片繊維断面の走査型顕微鏡観察像

4.5.3.3 繊維痕周辺の分析

また、空洞化した繊維の束の間に存在する成分を調べるため、FT-IR および PYGC-MS を用いて分析を行った。図 4.5-3、4.5-4 に示す X 線回折の結果からは、いずれも繊維成分由来のブロードなピークの中に、結晶性の微小なピークを含み、これらが無機物質のデータベースで定性分析した結果、 α - SiO_2 (Quartz)、 Al_2O_3 (Corundum)、 CuS (Covellite)、 $(\text{Zr,Ca,Ti})\text{O}_2$ (Tazheranite)などの存在の可能性が示された。これらはいずれも土壌成分由来のピークと考えられた。FT-IR 測定の結果、本試料のスペクトルパターン図 4.5-5 は IRUG(The Infrared and Raman Users Group) の提供するスペクトルデータベースにおける黒漆のスペクトルパターン(図 4.5-6)に非常に類似していることが分かった。そこで、漆の存在の有無を調べるため、PYGC-MS を用いて分析したところ、図 4.5-7 に示す通り、漆の主成分であるウルシオール(ウルシ)の飽和成分 3-pentadecylcatechol (m/z 320,123)とモノエン成分である 3-pentadecenylcatechol (m/z 318)が確認され、本試料には漆が含まれている(宮腰ら：2000)ことが分かった。

これらの分析結果と、出土場所の周辺には職能民の住居等があったと推定されていること(河井ら b：2009)を鑑みて、本試料は漆器作製に使用された漆漉し布等の類の布であったことが推察された。

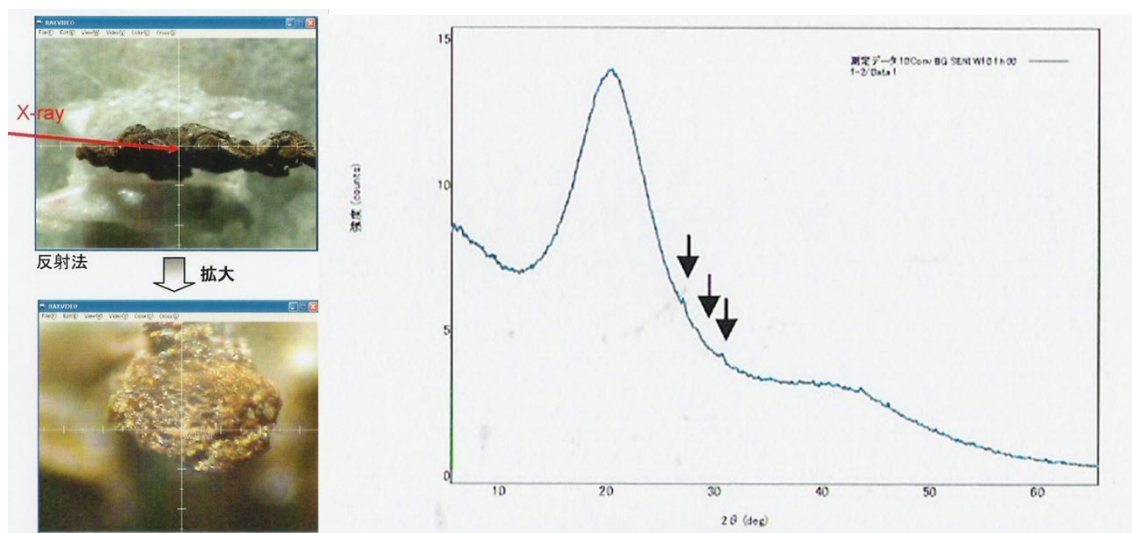


図 4.5-3 繊維断面の微小部 X 線回折測定結果 (10 μm コリメーター：測定時間 60 分)

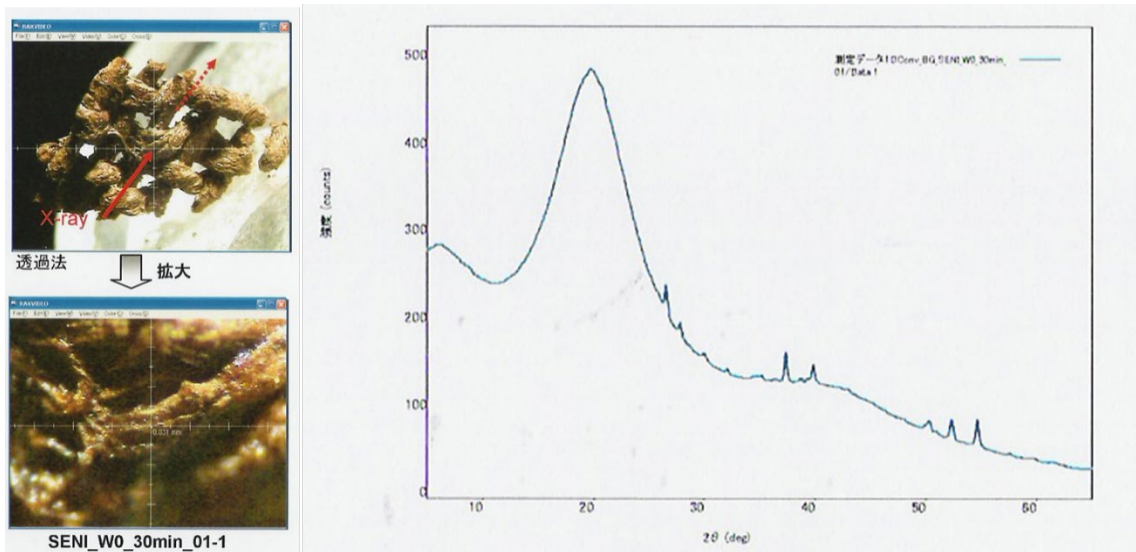


図 4.5-4 繊維表面の微小部 X 線回折測定結果 (100 μ m コリメーター: 測定時間 30 分)

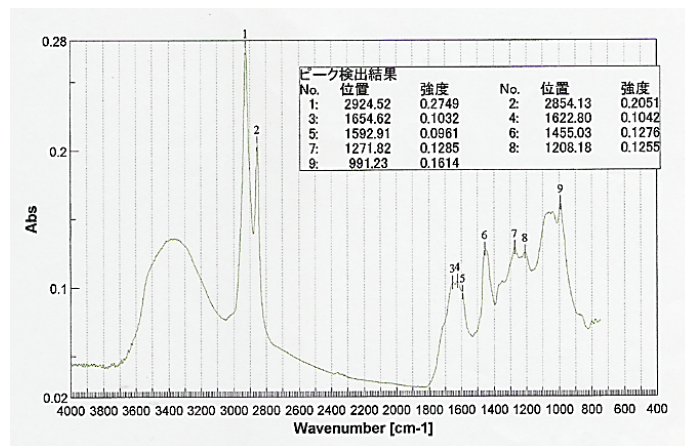


図 4.5-5 駿府城内遺跡 大溝 SD500(新溝) 出土布片の FT-IR スペクトル

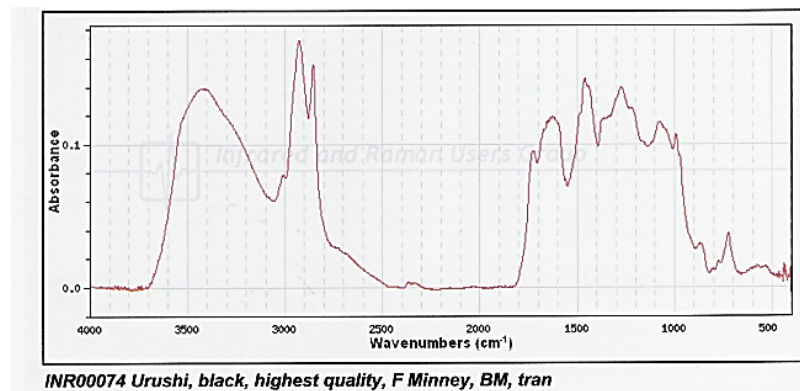


図 4.5-6 IRUG DATABASE INR00074 黒漆の FT-IR スペクトル

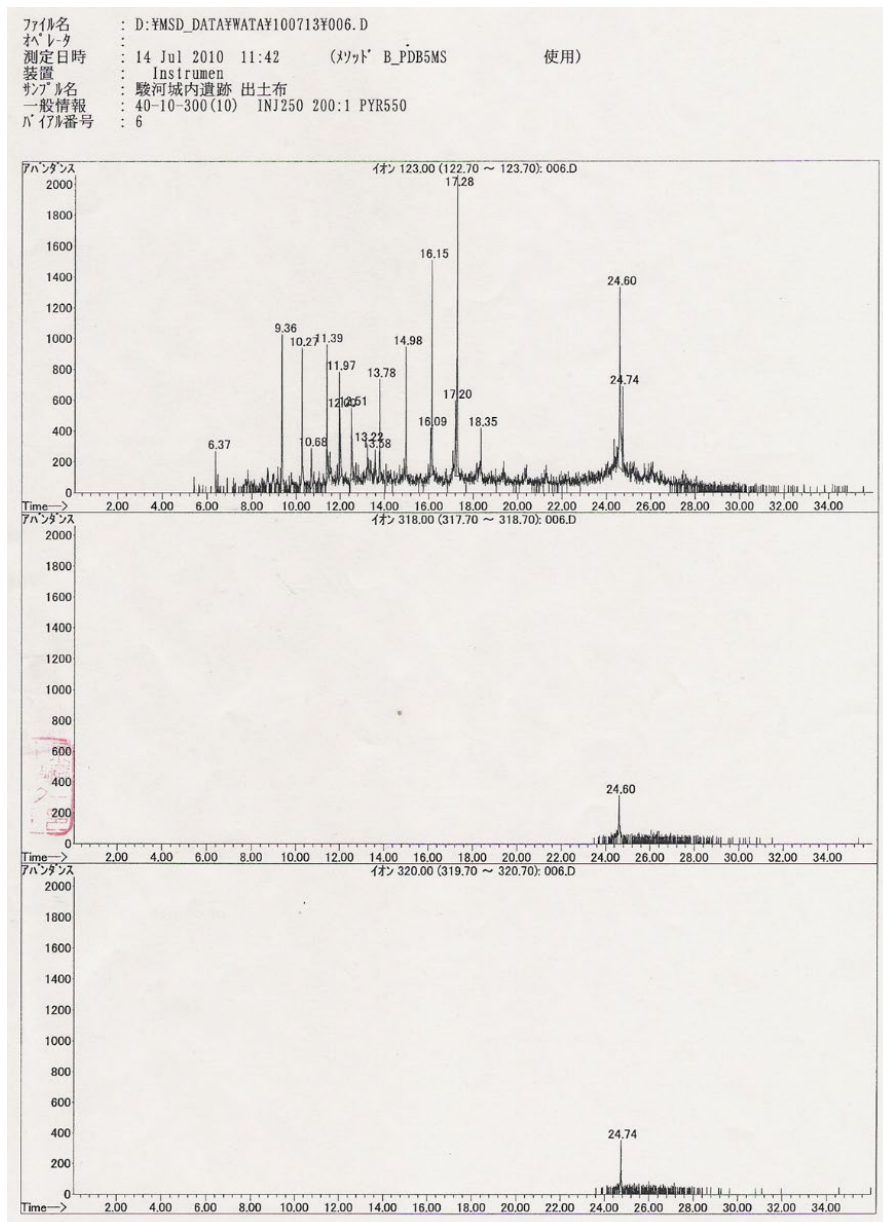


図 4.5-7 PYGC-MS による出土繊維中の漆成分の検出

小 括

本試料は、室町~戦国時代の駿府城内遺跡の遺構から出土した布であり、見た目はきれいに組織が保存されているように見える出土繊維であったが実際は、繊維自体は分解して消失していた。しかし、漆によって繊維の周囲がコーティングされていたことによって、繊維の外殻形状が保持され、内部が空洞化したネガティブ・キャストの状態であった。

このように何らかの形で繊維の形状が判別できれば、同定には至らないが、その繊維の標品となる繊維の大きさを把握しておくことによって、繊維種を推定することはある程度可能であると考えられる。

4.6 東宮遺跡（江戸時代中期）の出土繊維

東宮遺跡(黒澤ら：2012)は、群馬県吾妻郡長野原町大字河原畑字東宮にあり、吾妻川左岸中位河岸段丘面上に所在する。1783（天明3）年新暦8月5日、浅間山噴火に伴い発生した天明泥流は、吾妻川、利根川流域の村々に甚大な被害をもたらした。吾妻川左岸、中位河岸段丘上に位置する本遺跡も、この時に被災した川原畑村の一部で、7箇所（7箇所の屋敷跡、畑跡等）が出土した遺跡である。7箇所の屋敷跡には、6軒の主屋、1軒の酒蔵を含む15軒の建物跡があった。本遺跡は、現在の吾妻川より40～50mほどの比高差に位置するため、天明泥流が全てを押し流すことなく、また湧水点が近接していたことから、木製品や漆製品までもが良好に遺存していた。そのため、大引や根太、床板までも原位置を保つ建物跡もあり、多くの遺物も原位置或いは原位置付近から出土している。出土遺物も、通常220年以上土中にあれば腐食して残存しないような漆製品や木製品、団扇や蚕繭等が出土している。

I区2号屋敷跡の主屋である5号建物から出土した繊維遺物2点は、天明泥流で被覆されており、使用されていた場所と時期を限定することができる。2点とも断片的であり、その全容は明らかでない。しかし、使用された時期と地域が限定できる貴重な遺物である。これら出土繊維の内、1点(5建No.223)について顕微鏡ならびにFT-IRを用いて調査した。

4.6.1 試料

出土した布片（写真4.6-1）から脱離した一部（写真4.6-2）を分析用試料とした。本試料は繊維組織を保ちつつも脆い状態であった。



写真4.6-1 出土繊維(5建No.223)

上部スケール：15 cm

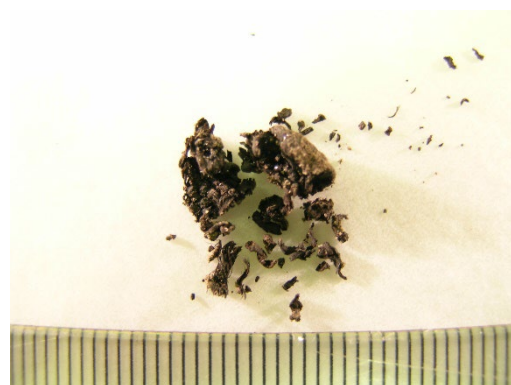


写真4.6-2 分析試料(写真33の一部)

スケール1目盛：1 mm

4.6.2 実験方法

4.6.2.1 糸幅の測定

実体顕微鏡（SZ-40：オリンパス製）および形状解析レーザー顕微鏡（VK-X1000：キーエンス製）にて観察し、糸幅は実体顕微鏡の接眼マイクロメーターにて測定し、平均値を求めた。

4.6.2.2 FT-IR による分析

FT-IR（FT/IR-480Plus:日本分光製）を用いて、1回反射ATR（ZnSeプリズム、ATR PRO410-S:日本分光製）で測定を行った。

4.6.2.3 SEM による形態観察と繊維幅の測定

観察にはSEM（JSM-5310LV:日本電子製）を用いて観察を行った。各試料は無蒸着状態にて高真空モード（加速電圧5 kV）で観察した。繊維幅測定は観察・計測ソフトウェア（デジキャプチャー）の側長機能を用いて、70本の単繊維の幅を測定し、平均値を求めた。

4.6.3 結果および考察

4.6.3.1 糸幅・撚り方向

分析用試料の中には、写真4.6-3に示すように織物状の構造を保持したものと、写真4.6-4に示すように糸状のものが存在した。織物状試料の経緯の判別は困難であったが、実体顕微鏡下で測定した5箇所の糸幅の平均は0.4 mm（0.3-0.5 mm）であった。糸状試料の糸幅は約1 mmであった。撚り方向は写真4.6-3および写真4.6-4に示す通り、両試料共にS撚であった。



写真 4.6-3 織物状組織試料
(形状解析レーザー顕微鏡 100 倍)



写真 4.6-4 糸状試料 (実体顕微鏡 40 倍)

4.6.3.2 FT-IR

FT-IR測定の結果を図4.6-1に示す。通常、試料が植物繊維の場合は、多糖の構成要素に特徴的な 1105 cm^{-1} (C-O-C:グリコシド由来)付近、 1155 cm^{-1} (C-C:環呼吸振動)付近の吸収をはじめ、植物繊維(セルロース)に帰属する吸収(Garsideら：2003)が確認される。本試料のスペクトルには、これら特徴的なピークは分離検出されなかったが、 $800\sim 1200\text{ cm}^{-1}$ にかけてのピークNo.5,6、 $1200\sim 1500\text{ cm}^{-1}$ にかけてのピークNo.4、 $1500\sim 1800\text{ cm}^{-1}$ にかけてのピークNo.3に分けてみると、図4.6-2に示した植物繊維(大麻)スペクトルのピークNo.9-14、No.5-8、No.3,4とそのパターンは酷似している。セルロースに特徴的なピークが分離されなかったのは、試料の劣化分解や土中成分の浸入による分子構造の変化および土中成分などの不純物の影響が考えられる。なお、植物繊維(大麻)スペクトルに比べ、 $1400\sim 1600\text{ cm}^{-1}$ 付近ピークと 1068 cm^{-1} 付近のピーク強度の増加は、前者は $1600\sim 1450\text{ cm}^{-1}$ に芳香環のC=C伸縮振動を含む環振動が強くあるいは弱く現れるとされる(堀口a：2001)ことから、繊維の劣化分解過程において組成成分中分解されにくい芳香族構造をもつリグニンの残存が多い可能性が示され、後者は $1090\sim 1020\text{ cm}^{-1}$ にSi-O-Siの伸縮振動の吸収があるとされる(堀口b：2001)ことから、土中のケイ素化合物等の影響が考えられる。なお、織物状試料と糸状試料は同一のスペクトルパターンを示した。

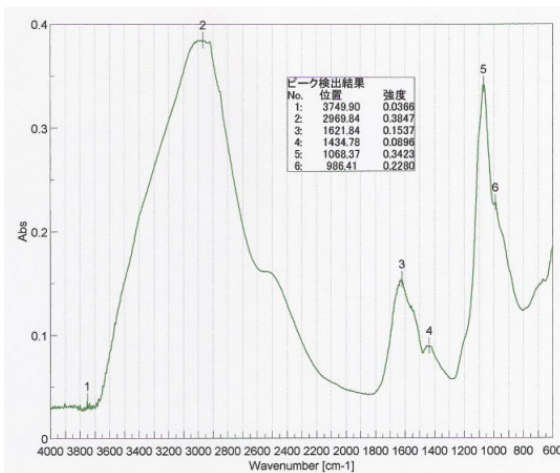


図 4.6-1 出土繊維の FT-IR スペクトル

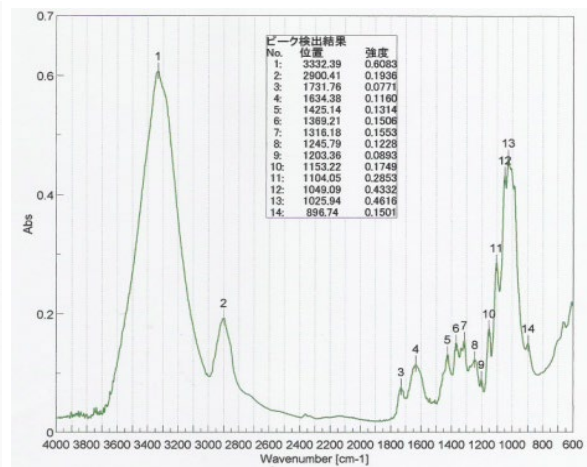


図 4.6-2 大麻繊維の FT-IR スペクトル

4.6.3.3 形態観察と繊維幅（長径）測定

SEMで観察した織物状試料の表面および断面像を図4.6-3に、糸状試料の表面および断面像を図4.6-4に、また、試料中に観察された放射状の結晶物像を写真4.6-5に示す。

表面観察においては、結節らしき部分も見受けられたが、付着物もしくは繊維自体の構造変化により明確に確認することはできなかった。断面観察においては、繊維同士が膠着した部分が多かったが、繊維内部が残存している部分(図4.6-3d参照)と、繊維

内部は分解されて外側の細胞膜のみ残存している部分(図4.6-3e)参照)があった。これらの断面形態からも本試料は植物繊維であることが確認できた。なお、織物状および糸状試料は同一繊維と考えられる。

また、本試料には写真4.6-5の右下に確認されるような、放射状の結晶体が観察された。これは、結晶構造から物質の同定が可能なX線回折装置で分析したところ、アルノーゲン (Alnogen: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) の存在が示唆された(図4.6-5参照)ことから、火山灰中に含まれる硫黄成分によって生成されたものではないかと考えられた。

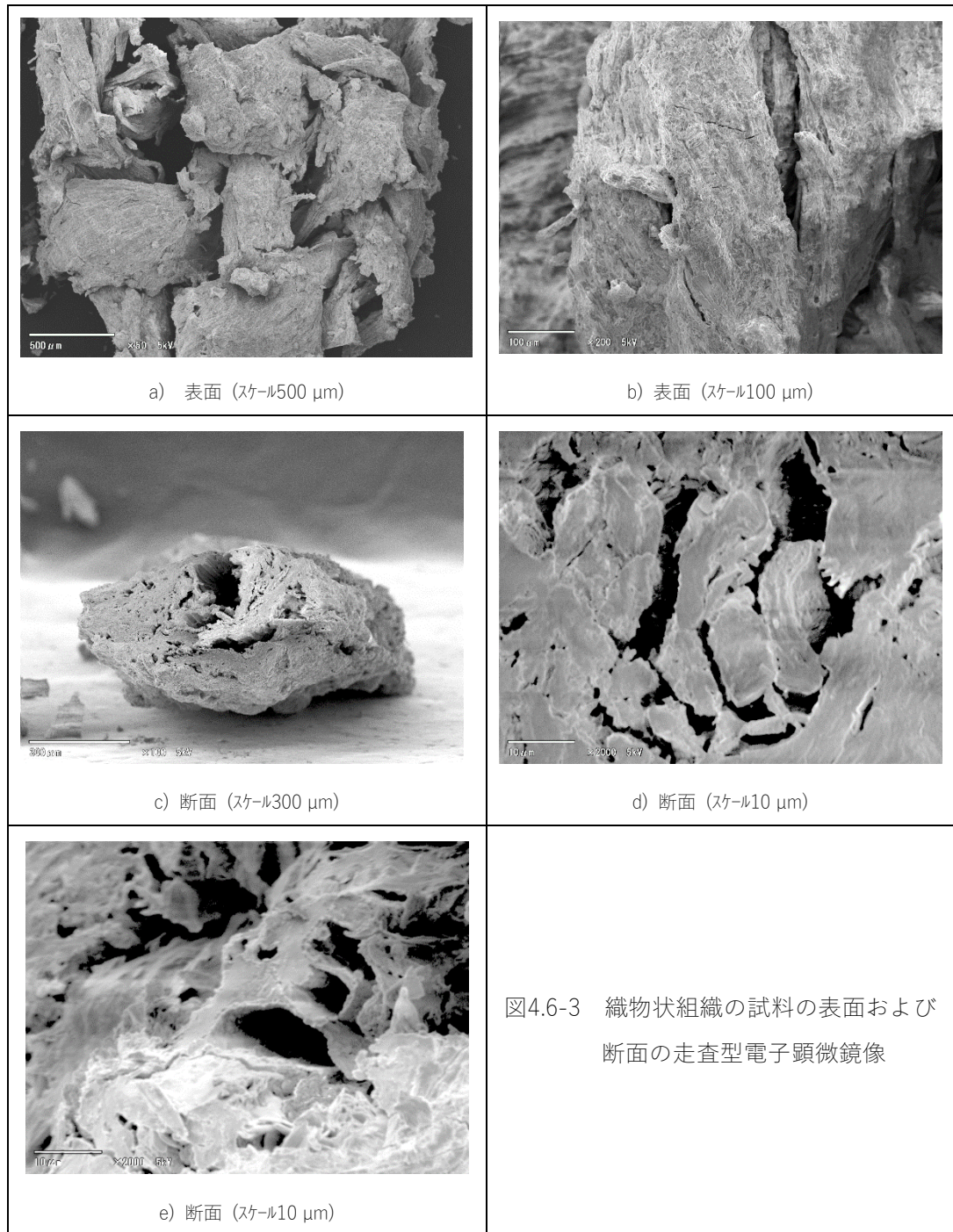


図4.6-3 織物状組織の試料の表面および断面の走査型電子顕微鏡像

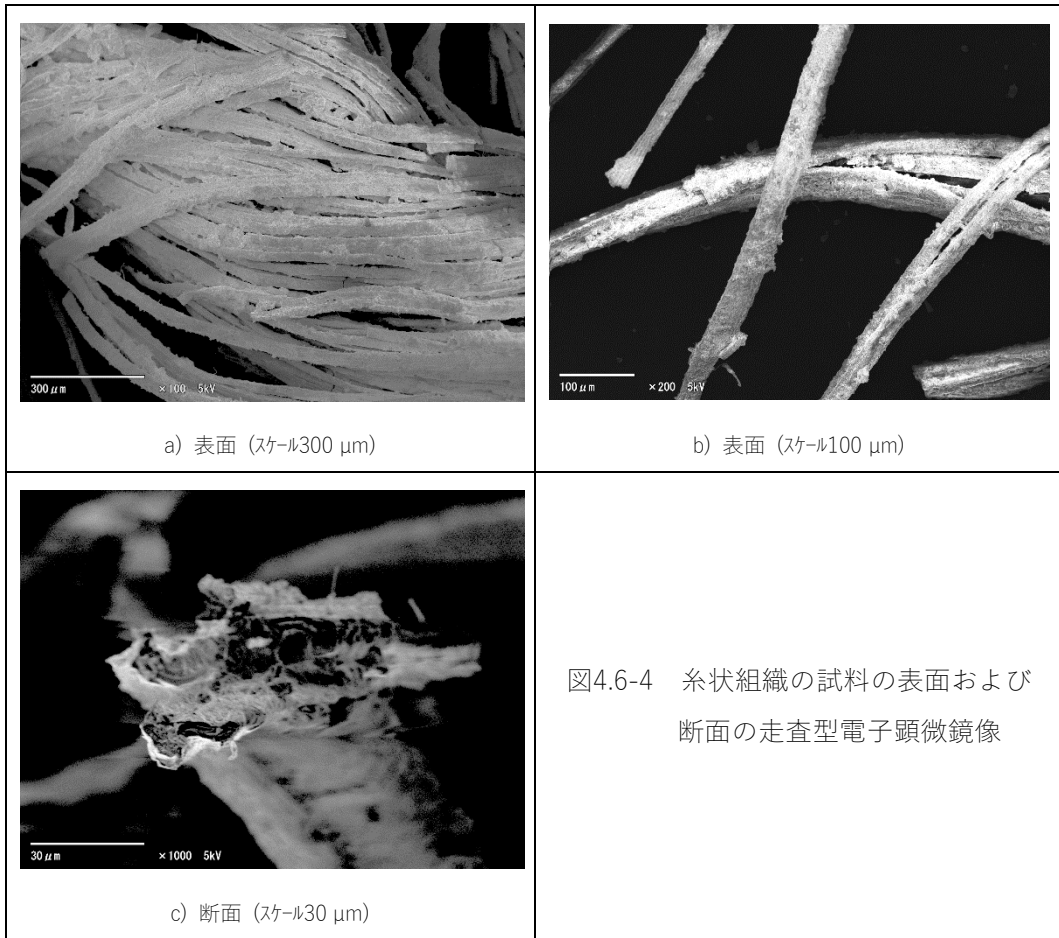


図4.6-4 糸状組織の試料の表面および断面の走査型電子顕微鏡像

本試料の形態は2章で述べた大麻繊維に類似している。繊維細胞の輪郭が確認できた単繊維70本の繊維幅平均値は14 μm(5-38 μm)であった。さらに繊維が残っている単繊維23本の断面積平均値は34 μm²であった。これらの値を2.3で述べた大麻繊維の産地比較における群馬県産の大麻繊維と比較すると、1℃毎分昇温で炭化させたときの単繊維50本の断面積平均値36 μm²(SD17)、繊維幅平均値10 μm(SD3)に非常に近く、また、国内各産地の大麻繊維の人工炭化処理(1℃毎分昇温)後の平均断面積および繊維幅を変数としたクラスター分析においても群馬県産の大麻繊維の含まれるクラスターの3の平均値の区間推定値95%CI [29.82,35.66] の範囲に入る値であった。本遺跡は浅間山噴火による天明泥流によって覆われたために有機物遺物が残存したことから、目視および質感では完全に炭化しているようには見えなかったものの、火山灰の熱に

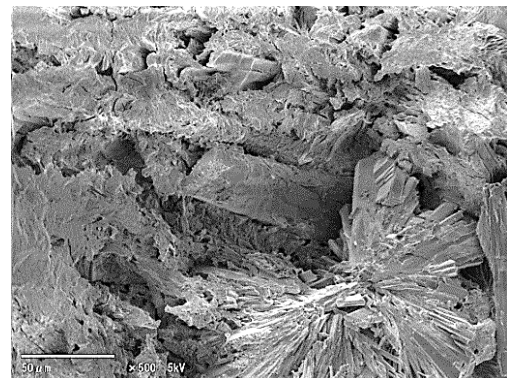


写真 4.6-5 放射状結晶体のアルノーゲン

よって蒸し焼かれて繊維が収縮した状態であると考えられた。完全に炭化しなかった繊維部分は劣化によって消失したものと考えられる。本試料が使用されていた時代には繊維作物として麻以外に綿も普及していたとされる(武部：1989)が、本試料には綿特有の繊維自体の撚りは見られない。同様に、天明泥流下より建物跡や畑跡等が出土した上郷岡原遺跡では、I区の畑から麻と推定される植物遺体が全面に検出され、畑の畝及びサクの幅等からも、I区1～4号畑が麻を栽培していた畑跡であろうと判断している(檜崎ら：2007)。これらのことから大麻繊維である可能性が高い。

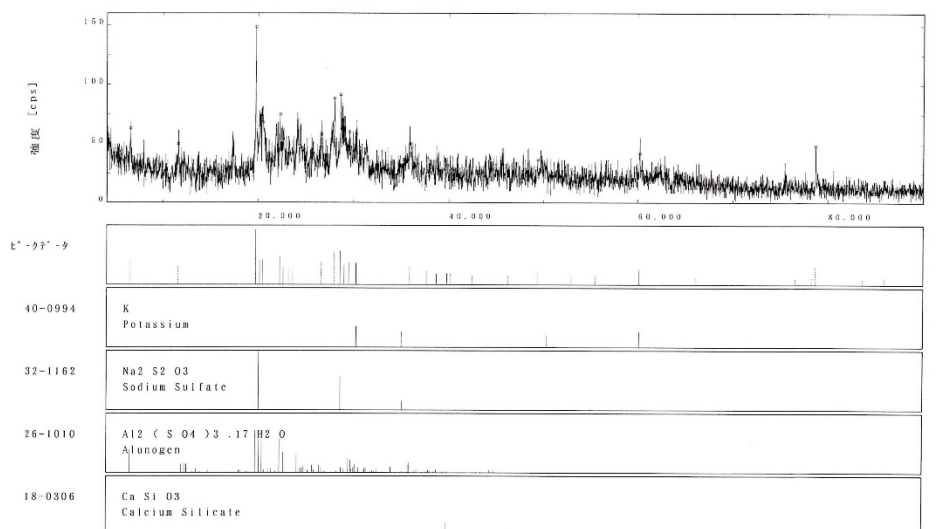


図 4.6-5 試料の粉末X線回折スペクトル

小 括

東宮遺跡は、吾妻川左岸、中位河岸段丘上に位置し、現在の吾妻川より40～50mほどの比高差に位置するため、1783(天明3)年 新暦8月5日、浅間山噴火に伴い発生した天明泥流が全てを押し流すことなく、また湧水点が近接していたことから、木製品や漆製品までもが良好に遺存していた。そのため、大引や根太、床板までもが原位置を保つ建物跡もあり、多くの遺物も原位置或いは原位置付近から出土している。

I区2号屋敷跡の主屋である5号建物から出土した布片の繊維遺物は、天明泥流で被覆されており、使用されていた場所と時期を限定することができる。このような出土状況から、その資料的価値は高いと考える。出土した繊維遺物は断片的で、その全容は明らかではなく、繊維の劣化も認められたが、FT-IRのスペクトルパターンならびに顕微鏡観察から植物繊維であり、繊維の状態と形態観察の結果および出土場所周辺の大麻の栽培を示唆する遺跡環境から火山灰の熱によって収縮している大麻繊維である可能性が高い。

4.7 本学所蔵の小忌衣（明治～大正）

小忌衣(おみごろも)は、嵯峨天皇の弘仁年間(810-822)に神事専用の服として定められた祭服の一種である(京都国立博物館：1999)。小忌とは「不浄を忌み嫌う」、すなわち「清浄」を意味する(相賀：1985)。現在では大嘗祭に従事する人々が着用する宮中の祭服として使われている。大嘗祭(安西：1994, 塚田：1993)とは「即位の礼」で最も中心となる儀式で、天皇が即位後、初めて大嘗宮において、その年の悠紀・主基両地方^{*1}の斎田から収穫された新穀を皇祖および天神地祇に供え、天皇自身も食することにより国家・国民のために安寧と五穀豊穰を感謝し祈念する儀式である。この儀式は皇位継承があった際に必ず挙行されるべきものとされ、一世に一度の重要な儀式とされている。過去には「即位の礼」と「大嘗祭」を総称して「大礼(大禮)」「御大礼(御大禮)」「御大典」とも称された。その大嘗祭の際に着用される小忌衣は神事後は本来焼却するものであるため(辻村：1984)、残存するものは数少ないと思われる。小忌衣にはその形や着用者によって「諸司(しよし)ノ小忌」、「出納(すいとう)ノ小忌」、「如形(にょけい)ノ小忌」、「私(わたくし)ノ小忌」などの種類があったが、大正4年の大嘗祭(大正御大礼)からは「諸司ノ小忌」に統一された。現在、昭和女子大学 光葉博物館には、第3代学長 河鱈実英(河鱈：1992)から寄贈された小忌衣が所蔵されている。河鱈は宮内省図書寮御用係を勤められた後、大正天皇の最後の侍従として仕えられ、退官後、本学に赴任された。本調査はこの本学所蔵の小忌衣について、形と文様、用いられた布や紐の組織・構造を計測し、素材となった繊維の鑑別および布付着物の同定を行った。本項では、小忌衣の繊維の鑑別についてのみ記し、形や文様、布付着物の同定については、付録2に付記した。

4.7.1 試料

小忌衣1：



写真 4.7-1 小忌衣 1

添付された紙に「大正御大礼使用品、江戸時代の様式、掌典^{*2}使用品」との記録があった。

*1：悠紀(ゆうき)地方とは京都以東以南、主基(すき)地方とは、京都以西以北を指す

*2：宮内庁の組織とは別の、皇室の祭祀を司る内廷の組織(宮内 HP：2021)

小忌衣 2 :



特に記録は添付されていなかった。

写真 4.7-2 小忌衣 2

4.7.2 実験方法

4.7.2.1 織物の糸の構造と織組織

糸の太さ、撚り方向、織組織は、ハイパーマイクロスコープ(VH-6110：(株)キーエンス製)を使用して、観察および測定した。撚り数は、検撚機(株)島津製作所製)を用いて計測した。撚り数の計測不能であった試料は、撚り角度を計測した。

4.7.2.2 繊維観察

小忌衣 1 の身頃のたて糸・よこ糸各 4 本、赤紐(赤・黒)の糸各 5 本、縫い糸 1 本、ならびに小忌衣 2 の身頃のたて糸・よこ糸各 4 本、受緒の糸 2 本、縫い糸 1 本の繊維表面と断面は、イオンスパッタリング装置(JFC-1100：日本電子(株)製)で金蒸着を施し、SEM(JSM-5310LV：日本電子(株)製)を用いて観察した。

4.7.3. 結果および考察

4.7.3.1 布の織組織と糸の構造

小忌衣 1 および小忌衣 2 の身頃に使用されている布の糸の構造ならびに織組織を表 4.7-1 およ表 4.7-2 に示す。また、写真 4.7-3~4.7-6 に糸の SEM 像を示す。

糸については、小忌衣2の糸の方が小忌衣1のそれよりもたて糸の太さが1.8倍、よこ糸の太さが2倍と太く、布の厚さの差に対応していた。糸撚り方向は写真4.7-3, 4.7-5に示すとおり、小忌衣1のたて糸はZ撚り、小忌衣2のたて糸はS撚りであった。撚り数は小忌衣2の糸については検撚機で計測できたが、小忌衣1の糸は繊維が互いに膠着しており、検撚機では計

表4.7-1 小忌衣(身頃)に用いられた織物の糸の構造と織組織

		n*1	小忌衣1	小忌衣2
糸	太さ (mm)	たて	8	0.3
		よこ	8	0.4
	撚り方向	たて	5	Z
		よこ	5	Z
	撚り数 (回/2.54cm)	たて	4	NM*2
		よこ	4	NM
撚り角度 (°)	たて	5	17.3	
	よこ	5	NM	
織組織		1	平織り	平織り
織物	織密度 (本/cm)	たて	5	28
		よこ	5	21
厚さ (mm)		5	0.3	0.5

*1: 糸については測定試料数
織物については測定箇所
*2: 測定不可

表4.7-2 小忌衣を構成する部材の糸の構造と織組織

		小忌衣1		小忌衣2	
		赤紐 (n*1=5)	縫い糸 (n=8)	受緒 (n=8)	縫い糸 (n=8)
糸	太さ (mm)	たて0.2/よこ0.2	1.3	0.6	0.8
	撚り方向	NM*2	Z	NM	S
織組織		平織り		平織り	
織物	織密度 (本/cm)	たて	31	10	
		よこ	31	8	
厚さ (mm)		0.4			

*1: 糸については測定試料数
織物については測定箇所
*2: 測定不可

測不可能であった。そこで、撚りの目安として撚り角度を計測したところ、小忌衣1のたて糸の撚り角度は17.3°、小忌衣2のたて糸は26.7°であった。単位あたりの撚り数が同じでも糸の太さが異なる場合、糸の太い方の撚り角度が大きく、撚りが強くなっていることになる(島崎:1999)。小忌衣1と小忌衣2のたて糸を比べた場合、小忌衣2の方が1.5倍角度が大きい、太さも1.8倍大きい、計測不能だった小忌衣1のたて糸の撚り数は小忌衣2のたて糸の撚り数と大きな差はないと推測できる。よこ糸の撚りは、SEMでの観察像では確認できなかった。

布の織組織は小忌衣1と2は共に平織りである。織密度は小忌衣1の方が小忌衣2に比べ、たて1.8倍、よこ1.7倍ほど高く、両者の織密度には明らかな違いが認められた。また、厚さは小忌衣2の方が小忌衣1に比べ1.6倍ほど厚みがあり、これも両者には明らかな違いが見られた。

身頃以外の部材の糸の構造と織組織を表4.7-2示した。縫い糸はそれぞれ身頃の糸と同じ撚り方向で、小忌衣1はZ撚り、小忌衣2はS撚りであった。小忌衣2の受緒の糸は身頃の糸とほぼ同じ太さであり、同じ素材であることが推測された。受緒の織密度が身頃よりも荒いのは、受緒が紙芯を布で巻いて作られているため、布が引っ張られて密度が変化しているためではないかと考えた。

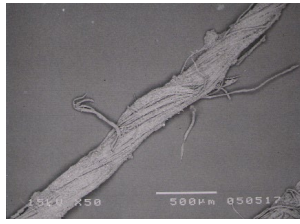


写真4.7-3 小忌衣1 身頃たて糸

倍率: x50, スケール: 500 μm

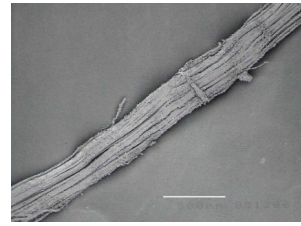


写真4.7-4 小忌衣1 身頃よこ糸

倍率: x50, スケール: 500 μm

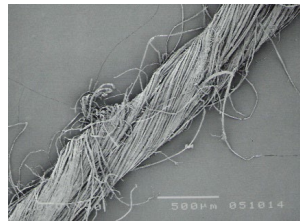


写真4.7-5 小忌衣2 身頃たて糸

倍率: x50, スケール: 500 μm

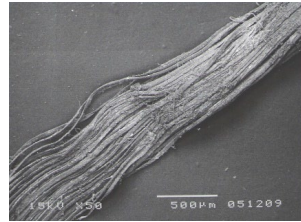


写真4.7-6 小忌衣2 身頃よこ糸

倍率: x50, スケール: 500 μm

4.7.3.2 繊維の鑑別

小忌衣1の身頃のたて糸・よこ糸、赤紐(赤・黒)の糸、縫い糸の繊維の電SEM像を写真4.7-7~4.7-22に示す。小忌衣1の身頃のたて糸およびよこ糸は写真4.7-7~4.7-10に示すとおり、繊維断面は楕円に近い多角形を成し、厚膜細胞である。また、繊維断面は縦に走る線条と結節が認められ、大麻の特徴を呈していた。さらに、高田俊男(高田装束研究所^{*3})によれば、大正大礼の小忌衣の製作に用いられた生地は富山県砺波郡で作られていた「五郎丸」という麻布であったということからも身頃の素材は大麻であると考えられた。小忌衣1の赤紐(赤・黒)は写真4.7-11, 4.7-13に見られるように、赤色・黒色の紐の繊維断面は共に三角形で、繊維表面は平滑であり、精練された絹の形態の特徴を呈していた。したがって、赤紐の素材は精練された絹織物であった。小忌衣1の縫製に用いられている縫い糸は写真4.7-15, 4.7-16に見られるように、繊維断面は三角形で繊維表面は平滑であり、精練された絹の特徴を呈していた。したがって、縫い糸は精練された絹で作られた糸であった。

小忌衣2の身頃のたて糸・よこ糸、縫い糸、受緒の繊維のSEM像を写真4.7-17~4.7-24に示す。小忌衣2の身頃のたて糸およびよこ糸の繊維断面は扁平な楕円で、繊維表面には節状の隆起が認められ(写真4.7-17~4.7-20)、苧麻の特徴を呈していた。したがって、小忌衣2の身頃の布の素材は苧麻であると考えられた。小忌衣2の縫製に用い

*3 : 室町時代から宮内内蔵寮御用装束調進方として、大正御大礼の装束製作にも関わり、現在も皇族の皇室・皇族の宮中装束の製作を行なっている高田装束(株)の附属研究機関

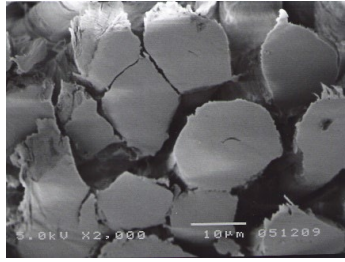


写真7.7-7 小忌衣1 身頃たて糸繊維 (断面)
倍率: x2000, スケール: 10 μ m

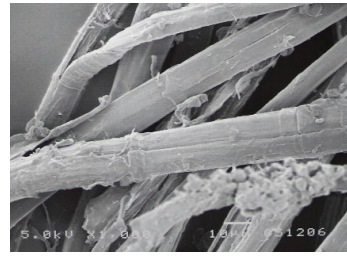


写真4.7-8 小忌衣1 身頃たて糸繊維 (表面)
倍率: x1000, スケール: 10 μ m

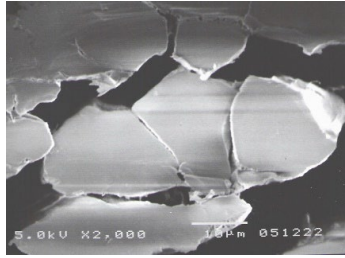


写真4.7-9 小忌衣1 身頃よこ糸繊維 (断面)
倍率: x2000, スケール: 10 μ m

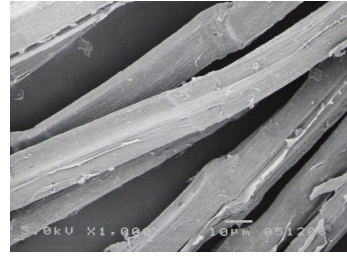


写真4.7-10 小忌衣1 身頃よこ糸繊維 (表面)
倍率: x1000, スケール: 10 μ m

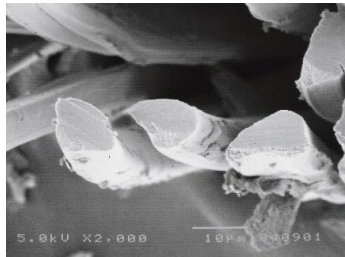


写真4.7-11 小忌衣1 赤紐 (赤) 繊維断面
倍率: x2000, スケール: 10 μ m

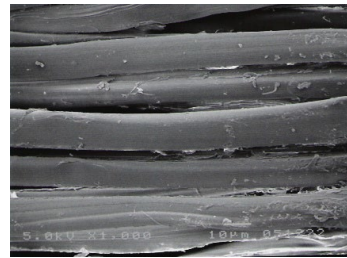


写真4.7-12 小忌衣1 赤紐 (赤) 繊維表面
倍率: x1000, スケール: 10 μ m

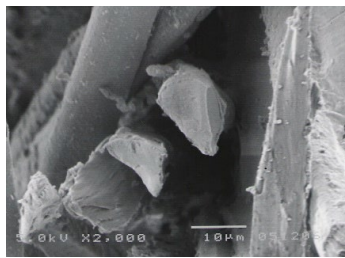


写真4.7-13 小忌衣1 赤紐 (黒) 繊維断面
倍率: x2000, スケール: 10 μ m

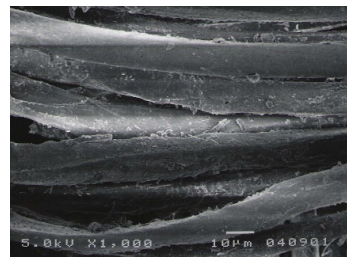


写真4.7-14 小忌衣1 赤紐 (黒) 繊維表面
倍率: x1000, スケール: 10 μ m

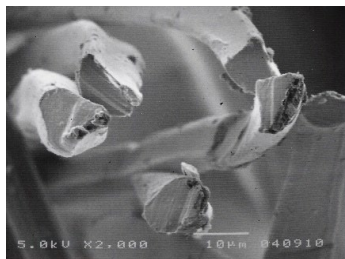


写真4.7-15 小忌衣1 縫い糸繊維 (断面)
倍率: x2000, スケール: 10 μ m

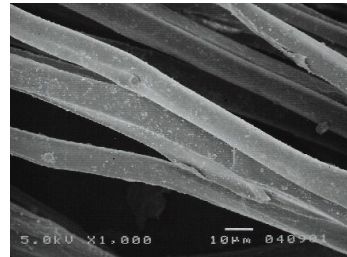


写真4.7-16 小忌衣1 縫い糸繊維 (断面)
倍率: x1000, スケール: 10 μ m

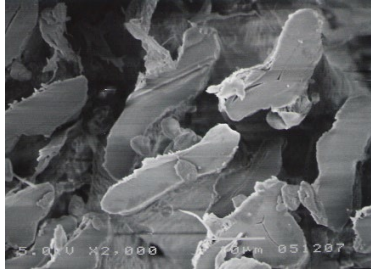


写真4.7-17 小忌衣2 身頃たて糸繊維 (断面)
倍率: x2000, スケール: 10 μ m

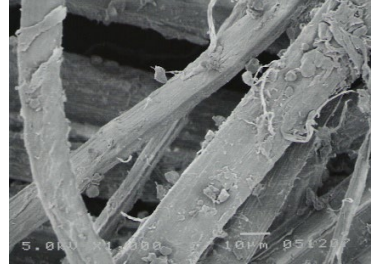


写真4.7-18 小忌衣2 身頃たて糸繊維 (表面)
倍率: x1000, スケール: 10 μ m

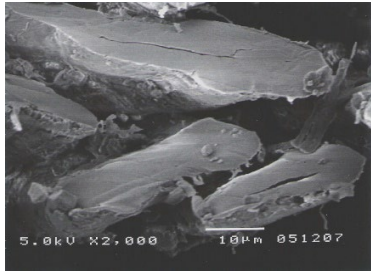


写真4.7-19 小忌衣2 身頃よこ糸繊維 (断面)
倍率: x2000, スケール: 10 μ m

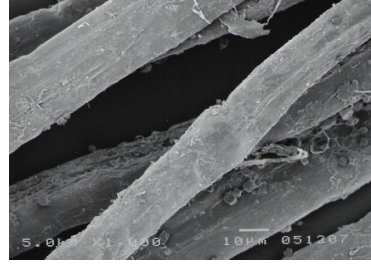


写真4.7-20 小忌衣2 身頃よこ糸繊維 (表面)
倍率: x1000, スケール: 10 μ m

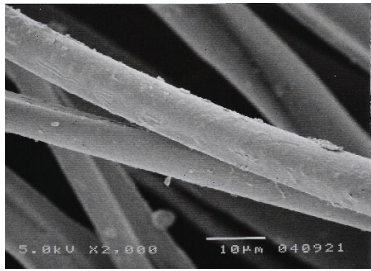


写真4.7-21 小忌衣2 縫い糸繊維 (表面)
倍率: x1000, スケール: 10 μ m

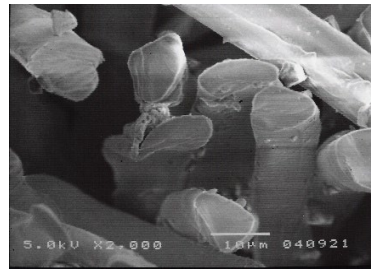


写真4.7-22 小忌衣2 縫い糸繊維 (断面)
倍率: x2000, スケール: 10 μ m

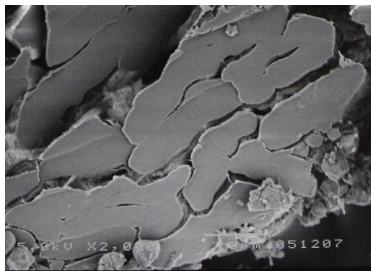


写真4.7-23 小忌衣2 受緒繊維 (断面)
倍率: x2000, スケール: 10 μ m

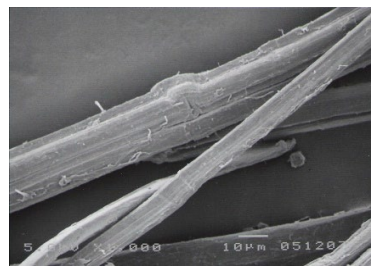


写真4.7-24 小忌衣2 受緒繊維 (断面)
倍率: x1000, スケール: 10 μ m

られている縫い糸は写真 4.7-21, 4.7-22 に示すとおり、繊維断面は三角形で、繊維表面は平滑であり、精練された絹で作られた糸であった。小忌衣 2 の盤領衿(あげくびえり)を留めるための受緒の布の糸は写真 4.7-23, 4.7-24 に示す通り、身頃の繊維同様に繊維断面は扁平な楕円で、繊維表面には節状の隆起が認められ、それらの特徴から苧麻であると考えられる。

小 括

本学所蔵の小忌衣 2 領について調査を行った。

小忌衣を構成する素材の繊維を鑑別した結果、小忌衣 1 の構成に用いられている身頃の布の繊維素材は大麻、縫製に使われている縫い糸と赤紐(赤・黒)は精練された絹糸であった。小忌衣 2 を構成する繊維素材については、身頃および受緒は苧麻、縫製に用いられている縫い糸は精練された絹であることが分った。

これらの素材からなる布地は小忌衣 1,2 共に全て平織りであった。小忌衣 1 と小忌衣 2 の身頃の布の構造を比較すると、小忌衣 1 の方が細い糸で緻密に織られ、小忌衣 2 の方は太い糸で低い織密度で織られていた。身頃の布を構成する糸ならびに縫製に用いられた糸の撚り方向は小忌衣 1 は Z 撚り、小忌衣 2 は S 撚りであった。

小忌衣は宮中の祭服であり、本来使用後は焼却するという性質上、後世に残ることが少ない貴重な試料であるため、詳細な調査をされたものも少ない。今回、本学に所蔵されていた小忌衣について調査し記録を残すことは、歴史文化の伝承のためにも重要であると考えられる。

第5章 結論

本研究では、汎用性の高い分析機器を用いて植物繊維遺物の鑑別の確度を高める手法を開発することを目的とした。

走査型電子顕微鏡を用いて、比較対象となる標品繊維(繊維種や産地が明確なもの)の個体による差異および炭化や劣化分解による形態の変化を考慮し、繊維遺物の鑑別には出土時と同様の状態の繊維についての一定量の観測データを客観的指標とする提案と灰化した植物繊維中のクリスタルの形態を鑑別の客観的指標とすることを提案した。そしてこれらの指標を実際の繊維遺物の鑑別に適用して鑑別の確度向上への有効性を検証した。以下に、これら2つの客観的指標ならびにその検証結果について要約する。

5.1 客観的指標1：標品繊維の状態別の形態

繊維鑑別のためには標品となる各種天然繊維の特徴を予め把握しておく必要があるが、天然繊維の形態や太さは同一種であっても個体差があるため、多数の単繊維を観察して個体差によるばらつきについても把握しておく必要がある。また、遺物として出土する植物繊維はその多くが炭化した状態や環境による劣化を受けたものであることから、日本において古くから使用されている植物繊維の形態把握に加え、人工的に炭化もしくは劣化(酵素による分解)させて、その形態の変化についても調べた。その結果、人工炭化した繊維の断面積変化や人工劣化した際の繊維種ごとの分解の様相を把握することができた。

さらに、大麻繊維については、栽培時期や産地の異なる8種の試料について、50か所の繊維断面積および繊維幅を統計的手法で比較し、以下のような知見を得た。

各産地の大麻繊維の繊維断面積値を一元配置分散分析と等分散を仮定しないその後の多重比較により、どの産地間に有意差が存在するかを確認した。その結果、未処理繊維においては、大分県産の繊維断面積平均値はその他のすべての産地の繊維と有意差を持ち、さらに宮城県産、福島県産、群馬県産、栃木県産(栽培種)は栃木県産(野生種)、長野県産(鬼無里)、長野県産(美麻)との間に有意差があった。一方で、未処理状態で最も断面積平均値が大きく、全ての産地と有意差のあった大分県産の繊維も炭化により収縮し、他の産地との有意差が無くなった。従って、繊維遺物の鑑別や産地の推測においては、炭化や劣化により繊維の特徴が変化する可能性も勘案する必要がある。また、断面積値と繊維幅を変数として用いたクラスター分析では、大麻繊維の産地には偏りがあり、各産地から抽出された繊維についての測定値ではあるが、今回試料として観察に用いた大麻繊維の太さは、群馬以北か長野以南の2つのクラスターに分類された。

これらの結果から、繊維遺物の鑑別や産地の推測においては、繊維の特徴が炭化や劣化により変化する可能性も勘案する必要があると考える。

5.2 客観的指標 2：標品繊維の灰化物中の生体鉱物

5.1 に記した繊維形態や太さの比較による鑑別法に加え、光合成する生物の中に存在し、炭化や劣化に影響されにくいと考えられる灰化物中のクリスタル(シュウ酸カルシウム)が指標となるかを検討した。今回標品として収集した植物繊維のクリスタルを観察した結果、以下のような特徴が把握された。大麻と苧麻のクリスタルの形状は集晶であった。葛、科、梶、芭蕉では、四角柱と六角柱の結晶体が観察されたが、それぞれの繊維においてその大きさや同一倍率視野での観察頻度は異なった。藤には 10 面体のような形状が見られ、その観察頻度も非常に高かった。一方、和棉については、クリスタルの確認は困難であった。今後、さらに多くの種類の繊維について走査型電子顕微鏡でクリスタルの形態を把握し分類することが必要であるが、植物中のクリスタル観察によって鑑別の確度を上げることは可能と考える。

5.3 提案する客観的指標の繊維遺物への適用：繊維遺物分析と鑑別の試み

古墳時代から大正時代の植物繊維製品の遺物である、高尾山古墳の出土繊維、愛宕山遺跡の炭化繊維、北斗遺跡の炭化繊維、堂ヶ谷廃寺出土露金具内部の繊維、駿府城内遺跡の出土繊維、東宮遺跡の出土繊維、本学所蔵の小忌衣について、上述の手法による繊維鑑別が実物遺物試料に適用可能かを検討した。

その結果、走査型電子顕微鏡で取得した客観的指標 1 および 2 の標品植物繊維の情報を収集・解析・蓄積して、遺物繊維の比較データとすることで、植物繊維遺物の繊維種の鑑別の確度向上に寄与できることを明らかにした。さらに、その他の分析機器 (FT-IR や X 線回折や質量分析計) などのデータを加えれば、その繊維遺物の用途などの解明にもつなげることができることも併せて示した。

本研究の成果は、過去の植生や人々の生活文化・技術を明らかにするために必要な繊維遺物の鑑別の発展に資するものと考えられる。

付録1 第1章 1.3 標品繊維の収集(図1-3~図1.8の拡大)

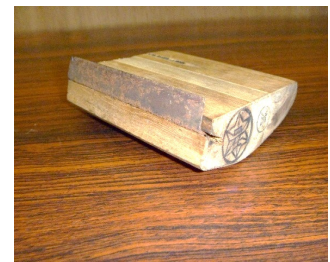


図1-3 栃木県産 大麻繊維の採集



岩島麻の畑の様子
盗難防止のため、柵で囲って栽培している。

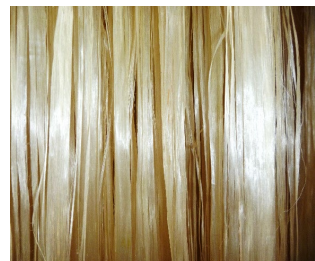
柵の中で成長する大麻



麻剥ぎ：発酵させた表皮を茎から剥ぎ取り、昔ながらの麻挽の道具を使って手作業で繊維細胞以外を除去



岩島麻保存協会の方々、手慣れた様子で素早く精麻に加工していく。保存協会の方の指導のもと、麻挽体験をした。繊維質を千切らずに、余分な組織を除去するための均一な力の掛け具合が難しかった。



乾燥させて、「精麻繊維」となる。

図 1-4 群馬県産 大麻繊維の採集



昭和村からむし（苧麻）畑



苧麻の葉（表裏）



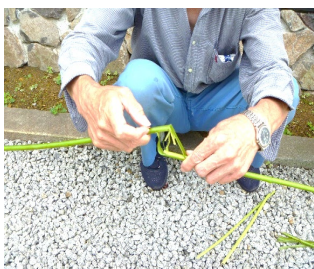
苧麻の茎 と その断面



刈り取った茎の長さを揃える



長さを揃えた茎を束ねてバットに入れ、重しをして水に漬ける（表皮を剥ぎ取りやすくする）



中ほどから茎を折り、折れた茎を上下にずらすことで、表皮を浮かせて、表皮を2枚に剥ぐ。



その後、苧引き道具で、粗皮を取り除く。



繊維質部分を乾燥させて、苧麻繊維となる。

図 1-5 福島県産 苧麻繊維の採集



図 1-6 静岡県産 葛繊維の採集



山形県の関川しな織センターにて実施されているしな織体験。
梅雨に伐採・剥ぎ取りを行い、冬に糸づくり・織作業を行うしな織は、
この地域の農閑期を利用した生活に根付いた作業である。



伐採後の皮剥ぎ後、干して、煮て、揉んで、さらに剥いで、洗って、米糠に漬けて、干して、やっと繊維となる。この繊維を裂いて、績んで、つなぎ合わせていく。しな織体験では、このしな績みの作業から行う。



績んだしな繊維は、親指に巻き付けて「へそ」とよばれる玉に巻き上げる。
へその繊維に撚りをかけて、科繊維の織り糸が完成する。

図 1-7 山形県産 科繊維の採集



糸芭蕉の畑。鎌で刈り取られた原木から繊維を採取していく（苧剥ぎ）。外側の茶色の外皮を取り除き、層になっている組織を一枚ずつ剥がし取る。



さらに1層の組織を半分に分けて、繊維をとる部分（↑）と畑に残して肥料にする部分（↑）に分け、繊維をとる部分は束ねておく。



繊維をとる部分は、大鍋の中で木灰汁で煮た（苧炊き）後、水洗いする。

水洗い後、余分な組織を取り除き繊維質だけにするため、エービと呼ばれる竹ばさみを使って、苧引きを行う。



左の写真：苧績みの作業をしているのは、人間国宝の平敏子



苧引き後の繊維を乾燥させて、苧績みをして、芭蕉繊維の糸が完成する。

図 1-8 沖縄県産 芭蕉繊維の採集

付録2 本学所蔵の小忌衣（明治～大正）の調査の補足

昭和女子大学 光葉博物館に所蔵されている第3代学長 河鱈実英（河鱈：1992）から寄贈された小忌衣（おみごろも）の繊維の鑑別については、4.7に記したが、本小忌衣について調査した、形と文様、用いられた布や紐の組織・構造および布付着物の同定を行った結果を以下に付記した。

1. 試料

小忌衣1：



添付された紙に「大正御大礼使用品、江戸時代の様式、掌典*1使用品」との記録があった。

写真1 小忌衣1

小忌衣2：



特に記録は添付されていなかった。

写真2 小忌衣2

*1：宮内庁の組織とは別の、皇室の祭祀を司る内廷の組織(宮内 HP：2021)

2. 実験方法

2.1 形状および文様

各試料の全体像および身頃、袖、襟の各文様をデジタルカメラ(COOLPIX5400：(株)ニコン)で記録、各部の長さを測った。また、本試料の形状および文様について、高田俊男(高田装束研究所*2)に鑑別を依頼した。

2.2 布付着物の分析

小忌衣 1、2 の身頃・袖・襟に付着していた粉状の物質は、イオンスパッタリング装置(JFC-1100：日本電子(株)製)で金蒸着を施し、走査型電子顕微鏡(JSM-5310LV：日本電子(株)製)を用いて観察した。

小忌衣 2 の布から剥離した粉状物質は、X 線回折装置(ガイガーフレックス RAD-X：(株)リガク製)を用いて、粉末測定法(理学電機株式会社 X 線研究所：1998)により、走査軸 $2\theta/\theta$ 、測定範囲 4 度から 90 度を毎分 2 度で連続スキャンしてスペクトルを得た。また、フーリエ変換赤外分光光度計(FT/IR-480Plus：日本分光(株)製)を用いて、試料 1mg と臭化カリウム(日本分光(株)100mg)を混合した KBr 錠剤法(石川：1986)で測定した。

比較対象として用いた、米デンプンおよび胡粉(牡蠣、帆立、蛤)についても上述と同様に走査型電子顕微鏡観察、X 線回折装置およびフーリエ変換赤外分光光度計での測定を行った。

3. 結果および考察

3.1 小忌衣 1 の形態および文様

小忌衣 1 の全体像および身頃、袖、衿の各部位の文様を図 1 に示す。これは諸司小忌(しよしのおみ)(京都国立博物館：1999)の形である。図 1 の⑤および⑤'に示した赤と黒の組紐は併せて「赤紐」(京都国立博物館：1999)と呼ばれる。本試料に施された文様は、大正記大礼録絵図(図 2)の文様と大礼書類八(図 3)の「臣下着用ノ小忌布衫青摺ノ紋は総て梅ト柳ノ折枝トシ」の記述に一致することから、「梅と柳の折枝」であることが示唆された。さらに、大礼書類八には「赤紐ハ親任官勅任官ハ本法組奏任官は畧本法組トシ判任官ハ平紐ヲ附着シ」とあり、本試料の赤紐も組まれている。本

*2：室町時代から宮内内蔵寮御用装束調進方として、大正御大礼の装束製作にも関わり、現在も皇族の皇室・皇族の宮中装束の製作を行なっている高田装束(株)の付属研究機関

試料に添付されていた紙に書かれた「掌典使用品」の「掌典」とは親任官・奏任官といった宮内高等官に属する役職である。本試料の文様や赤紐の形態ならびに添付されていた紙に書かれた「大正大礼使用品、江戸時代の様式、掌典使用品」の記録は、大正大礼に関する公文書の小忌衣に関する記録に一致した。

小忌衣の文様については『代始和抄』（一条：1478）に「小忌といふは神事の衣服なりしろき布をはりて山藍といふ草にて型本を摺りものなり…」とあり、また『伝統工芸染色技法の解説』（木村：1990）に「朝廷における大きな儀式の際には、古式に則って、京都男山八幡宮に生えているヤマアイを使用した摺り込みの小忌衣が現在まで使用されているとある」とある。本試料の文様もヤマアイによる摺り染めである可能性が高いが、現在のところ、染料の分析までは至っていない。なお、高田装束研究所の高田によれば、大正大礼の小忌衣の製作に用いられた生地は富山県砺波郡で作られていた「五郎丸」という麻布であるということであった。



小忌衣1 (前)



小忌衣1 (後)



① 右袖前 (柳)



② 衿 (蝶・鳥)



⑤ 赤紐 (前)



⑤' 赤紐 (後)



③ 左前身頃 (梅)



④ 左袖前 (柳)



⑥ 左袖後 (梅)



⑦ 左後身頃上 (柳)



⑧ 左後身頃下 (梅)



⑨ 右後身頃 (梅)



⑩ 右袖後 (柳)

図1 小忌衣1の全様と各箇所文様の拡大

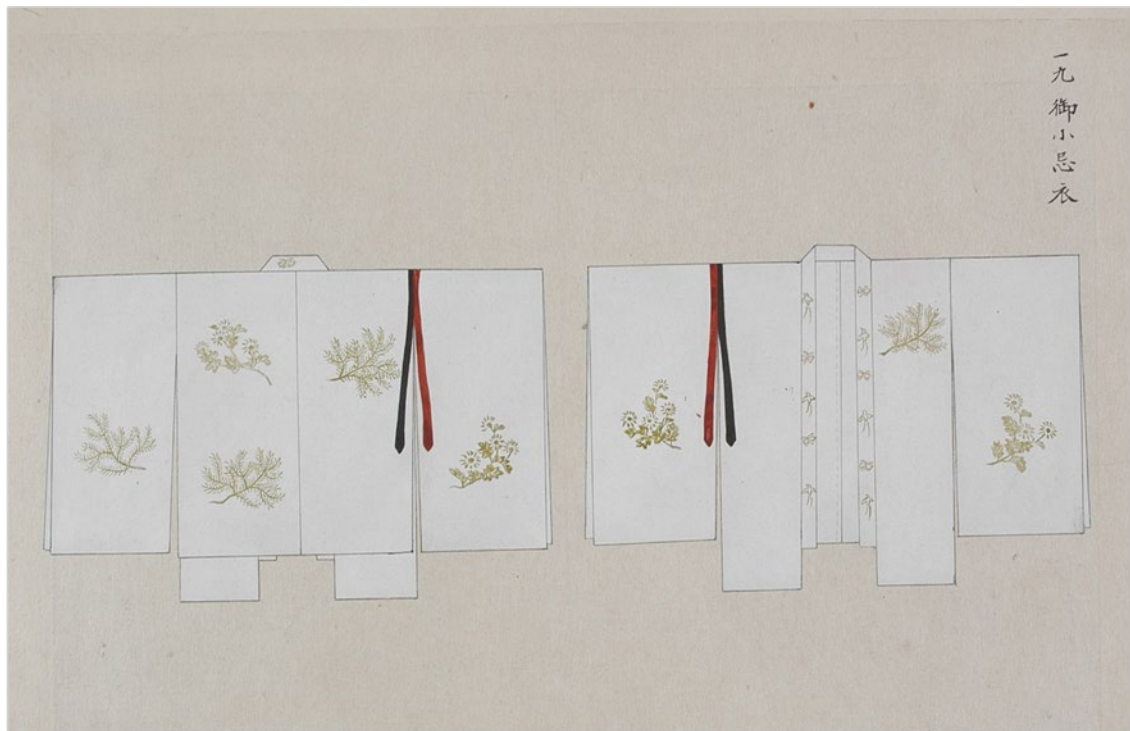


図2 大正大礼記録絵図
(国立公文書館, 請求番号01--3E-000-00・礼00312100)

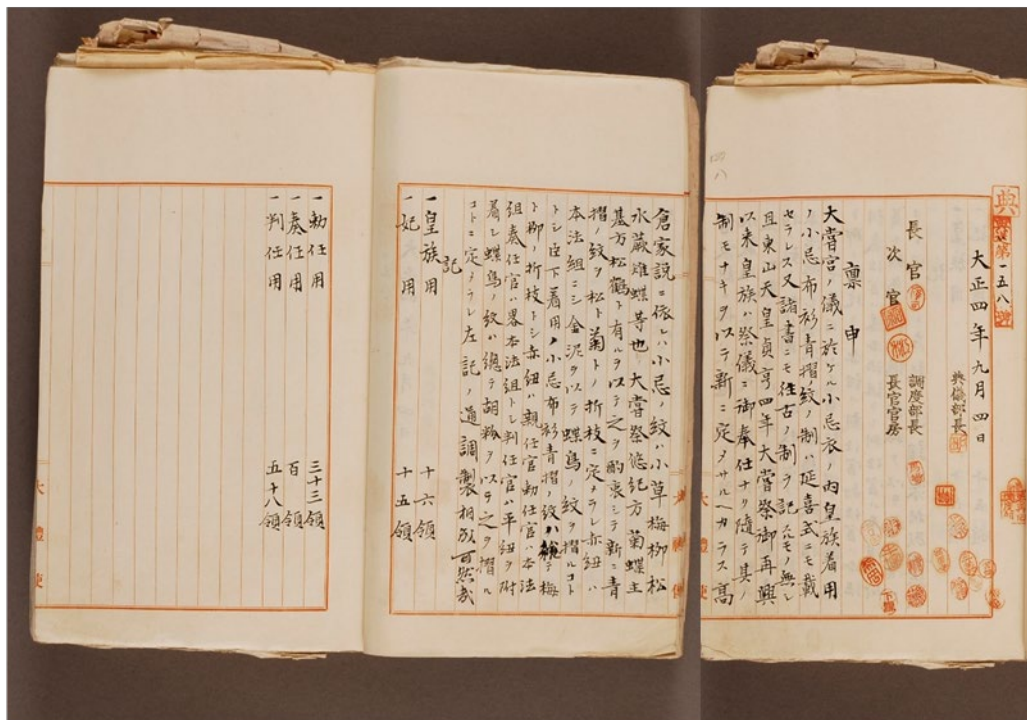
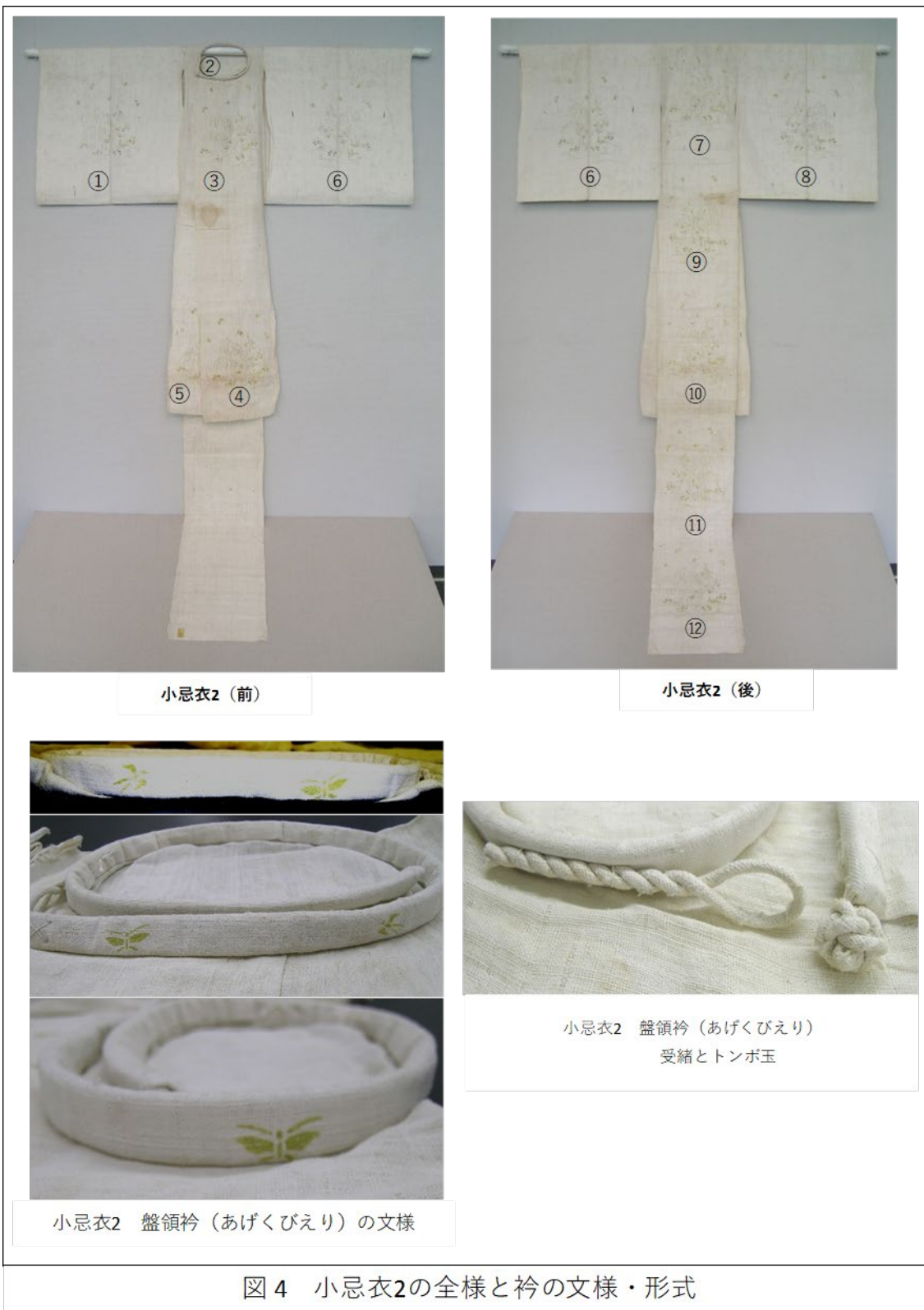


図3 大礼書類八
(国立公文書館, 請求番号01--3E-006-01・礼000919100)

3.2 小忌衣 2 の形態および文様

小忌衣 2 の全体像および衿の文様を図 4 に示す。この形は『日本百科大辞典』（齋藤ら：1919）に「布衣のごとくにて、身一幅・袖二幅なり。後、頗る長し。これを着するは、神祭を家職とする中臣忌部氏等、神祇の官人等なり」と解説のある、私小忌（わた









くしのおみ) という小忌衣の種類に一致している。しかし、高田によれば、舞樂を奉納する楽人の着用する「青摺の袍」であるとのことであった。

小忌衣と青摺の区別については『代始和抄』(一条：1478)にも「いづれも山藍にて摺れるものなれど、臨時祭(天皇の命によって執り行われる祭)の舞人の着するをば青摺と名づけ、大嘗祭のときは小忌という也」とあり、また『即位大嘗典禮史要』(桜井：1915)には「古くは青摺衣の稱のみにして、小忌衣ということ見えず。貞観の式などを見れば明に小忌人の青摺袍と記し、小忌衣は即ち小忌人の服飾の義にて青摺衣をいうに他ならざりしこと疑なし。然るに後世は小忌衣(或袍作)の稱多く行はるるに至り、別に青摺衣あるが如く考えらるるに及びぬ。さればにや大嘗祭の節はオミコロモと唱へ、臨時祭などに舞人の用いる小忌おば青摺と呼ぶに至れり」とある。つまり、「青摺の袍」とは白麻で縫製され、ヤマアイの摺染めが施されているのは小忌衣と同じであるが、用途と着用者によって青摺衣と呼ばれるものである。

文様は中央に梅と柳が立ち、その根元に小草・水・蕨・雉、枝上に蝶と鳥の文様が摺り込まれている。これらの文様は概ね大札書類八(図3)の「高倉家説ニ依レハ 小忌ノ紋ハ小草梅柳松水蕨雉蝶等也」の記述とほぼ一致する。袖・身頃に前後合わせて13箇所ある文様はそれぞれ同じ内容であるが、梅と柳の位置の左右、枝上の蝶と鳥の位置の左右、梅と柳の枝上中央の鳥の向きによって、表4-1に示す6パターンの組み合わせがあった。本試料に関しては、年代由来等は不明であったが、高田により、本試料はその文様が明治以降の記録には見られないものであることから明治時代以前の制作と推定された。また、高田によれば文様がいくつかのパターン分けされているのは制作時の決まりごとではなく、デザインであろうとのことであった。文様の染めは、目視で観察した限りでは、小忌衣1同様に型紙による摺り染め、おそらくはヤマアイの摺染めであると推察される。制作年代が明治時代以前とすると、大正大礼のために制作されたものである可能性は低く、本学においては小忌衣として収蔵されてきたが、正しくは青摺の袍である可能性が高い。

表1 小忌衣2における袖・身頃の文様パターン

	パターン1	パターン2	パターン3	パターン4	パターン5	パターン6
文様No.*1	①④⑤⑫	③⑦	⑥⑬	⑨⑪	⑧	⑩
文様						
蝶鳥の配置	蝶鳥 (左向) 鳥蝶	鳥蝶 (左向) 蝶鳥	蝶鳥 (右向) 鳥蝶	鳥蝶 (左向) 蝶鳥	蝶鳥 鳥蝶	蝶鳥 (右向) 鳥蝶
梅柳の配置	柳梅	柳梅	梅柳	梅柳	柳梅	柳梅

*1: 写真13,14中の文様No.に対応

3.3 出来上がり寸法

小忌衣 1 および 2 と、河野美代賀が計測した(河野：1976)皇族妃用小忌衣および女官用小忌衣の出来上がり寸法を表 2 において比較した。皇族妃用小忌衣は大正大礼に朝香宮允子妃殿下が着用されたものである。小忌衣 1 と 2 の採寸図をそれぞれ図 5 と 6 に、河野計測の皇族妃用小忌衣の採寸図(河野：1976)を図 7 に示す。

表2 本学所蔵小忌衣1,2および大正大礼に着用された皇族妃用・女官用小忌衣(河野：1976)の出来上がり各部寸法

			小忌衣1	小忌衣2	皇族妃 ^{*1}	女官
袖	付	袖丈	80.0	72.4	79.5	81.5
		前	7.7	11.5	7.8	7.8
		後	26.5	30.0	26.8	26.5
袖	幅	肩 山	40.0	66.4 (33.0 ^{*3} +33.4 ^{*4})	39.0	39.2
		袖 下	40.5	67.0 (33.0 ^{*3} +34.0 ^{*4})	40.5	40.2
身	丈	前	93.5	166.0	81.0	81.5
		後	82.0	280.0	68.0	71.4
肩		幅	34.0	17.0	34.0	34.2
前	身	幅	24.0	37.0(17.0 ^{*5} +20.0 ^{*6})	23.0	22.8
後	身	幅	34.0	37.0	34.0	35.5
衿	肩	明	10.3	12.0	10.5	12.5
衿		下	11.0	(上)154.0 (下)153.0	11.0	13.8
衿		幅	5.0	1.8	4.8	4.2
赤	紐	幅	2.0		2.0	2.0
		丈	(赤) 64.0 (黒) 61.8		106.0	131.0
受緒(衿留めの紐) ^{*2}				10		
とんぼ頭(衿留めの玉) ^{*2}				φ2.0		

単位：cm

- *1: 朝香宮允子妃殿下 大正御大礼着用
- *2: 図4-4 参照
- *3: 袖二幅の袖付け側 一幅
- *4: 袖二幅の袖口側 一幅
- *5: 大領(衿)幅
- *6: 身頃幅

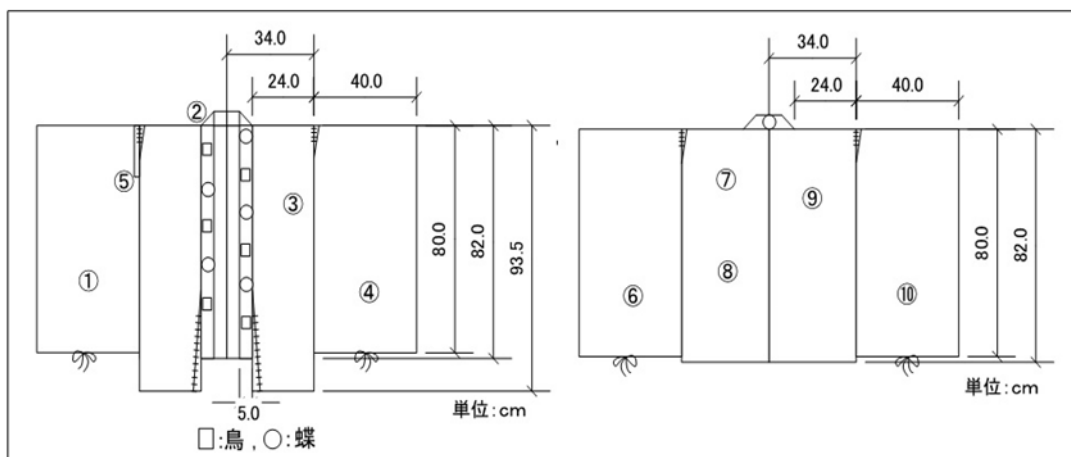


図5 小忌衣1の採寸図

諸司ノ小忌である小忌衣 1 の形態は短い裃(あこめ)^{*3}の形で袖口や袖裾は縫い合わされることなく、袖裾は中央の紙紐で結んで留める簡単な作りとなっている。衿は

^{*3} : 形は襦袢に似ているが、脇の開いた袖一幅のもの。下襲(したがさね)の下に着る衣

垂頸(たりくび)*4である。身頃丈は前が後に比べて 11.5 cm 長い。諸司ノ小忌に関しては『日本百科大辞典』(齋藤：1919)に「ご朝廷にて御調整ありて、当日出仕の大官・公卿以下に配附し、着用せしむるなり」「身二幅・袖一幅、長さ頗る短くして、帯に至る。これを着するは摂関・大臣・小忌勤仕の公卿等、大嘗宮に出入りする諸司たちなり」とあり、これは本試料に添付された記録の「掌典使用品」に対応している。

小忌衣 2 の衿は図 4 に示した通り盤領衿(あげくびえり)で受緒ととんぼ頭で留めるようになっている。袖二幅、両脇袖は縫わず、袖下のみを縫う簡単な形である。身頃丈は前が 166 cm、後は 280 cm と非常に長い。『即位大嘗典禮史要』(桜井：1915)に私ノ小忌の縫製について「裁縫は闕腋(けってき)となし狩衣に類す」とあるが、小忌衣 2 の縫製はそれと同じであった。小忌衣 1 と小忌衣 2 の縫製上の特色は、ともに型を保つための最小限度に縫製されているということである。

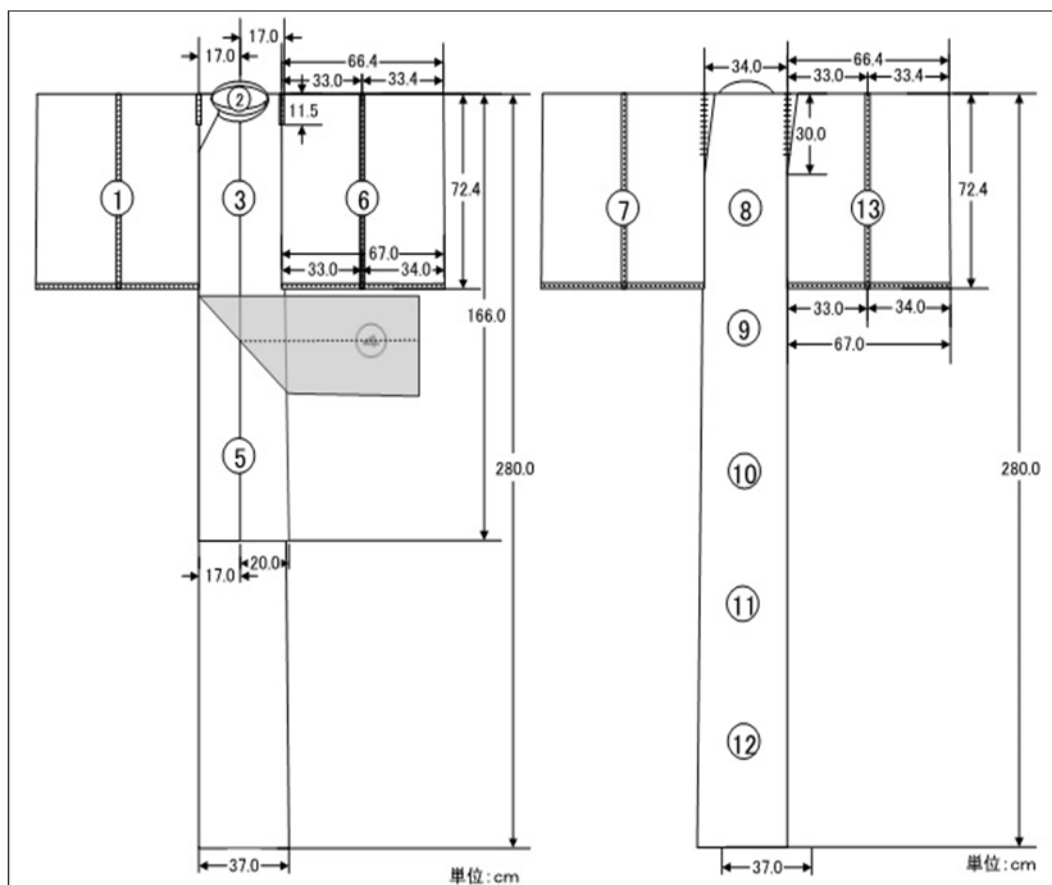


図6 小忌衣2の採寸図

比較対象として示した皇族妃用小忌衣ならびに女官の着用した女官用小忌衣の形態は共に小忌衣 1 に類似し、いずれも「諸司ノ小忌」に相当するものである。出来上がり各部の寸法を比較しても、身丈と赤紐の丈以外の寸法はほぼ同じである。身丈については小忌衣 1 の方が皇族妃用に比べ、前 12.5 cm ・後 14.0 cm、女官用に比べ前

*4 : 現在の着物と同じように、Vネックになる衿の形状

12.0 cm・後 10.6 cm ほど長い。これは、小忌衣 1 はその記録に掌典使用品とあることから、男性用の身丈で作製されているためではないかと推察する。また、小忌衣 1 の赤紐（赤色の紐 64.0 cm）は皇族妃用(106 cm)に比べ、42.0 cm、女官用(131 cm)に比べ、67.0 cm 短かった。この丈の長さの差は、皇族妃用と女官用の赤紐の丈の差 25 cm と比べても明らかに大きいことから、これも男性用・女性用の差であることが考えられる。さらに、河野(河野:1976)によれば皇族妃用は身頃と袖に「松と菊」の文様、女官用は「柳と梅」が描かれていたとされており、小忌衣 1 の文様も「柳と梅」で構成されていることから、小忌衣 1 はこれらの小忌衣とともに大正大礼の際に作製され、使用されたものであることが考えられる。

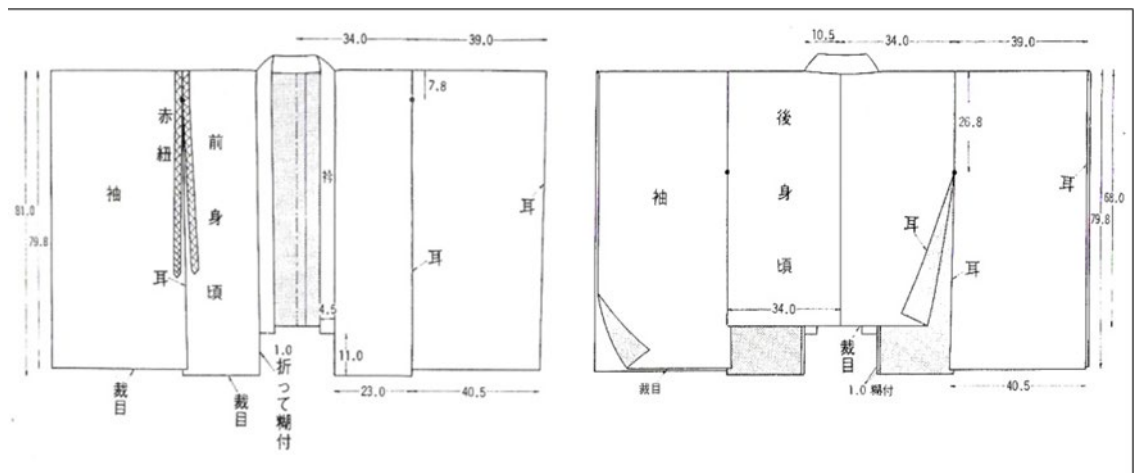


図7 朝香宮允子妃殿下 大正御大礼着用 小忌衣 採寸図 (河野:1976)

小忌衣の縫製技法が極めて簡単であることについて、河野は神事用の祭服であるため出来るだけ布を傷めず、清浄を保つための配慮ならびに大嘗祭に従事する多数の関係者が着用するため、能率的かつ経済的な見地からもこのような縫製がとられたのではないかと推論している(河野:1976)。

3.6 布付着物の分析

小忌衣 1 および 2 の布に粉状の物質が付着していた。この粉を電子顕微鏡で観察した結果を写真 3～6 に示す。

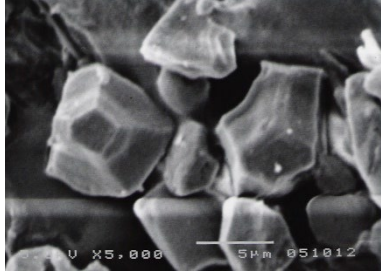


写真3 小忌衣1 身頃たて糸の付着物
倍率: x5000, スケール: 5 μm

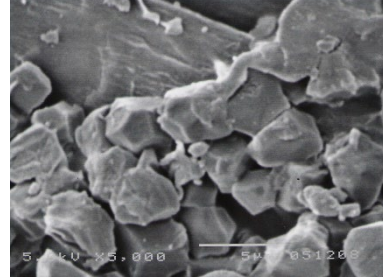


写真4 小忌衣1 身頃よこ糸の付着物
倍率: x5000, スケール: 5 μm



写真5 小忌衣2 身頃たて糸の付着物
倍率: x5000, スケール: 5 μm

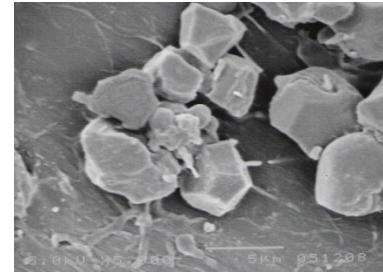


写真6 小忌衣2 身頃よこ糸の付着物
倍率: x5000, スケール: 5 μm

小忌衣 2 には多量の粉が付着しており、試料を扱う際に、細かな粉状の物質が剥がれ落ちてくるような状況であった。小忌衣 1 に関しては試料から剥離してくるような粉はなかったが、電子顕微鏡で観察すると、小忌衣 2 の布の粉状物質と同じ形状をした粒子が存在した。この形状は写真 7 の米デンプン粒に酷似していた。さらにこれら粉状物質の同定の

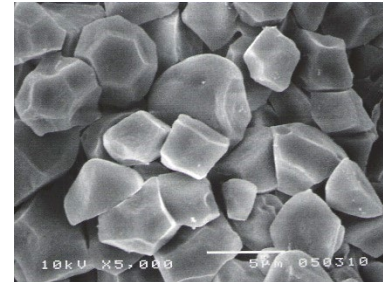


写真7 米デンプン
倍率: x5000, スケール: 5 μm

ため、小忌衣 2 から剥離した粉状物質と米デンプンについて、X 線回折装置ならびに FT-IR で分析を行なった結果を図 8,9 に示す。X 線回折の結果から、粉状物質は非晶質に一部結晶構造を持つもので、そのパターンは米デンプンの回折パターンによく似ていた。また FT-IR による結果も粉状物質は有機物のスペクトルの形状を有し、米デンプンのスペクトルとほぼ一致していた。高田装束研究所の高田によれば、小忌衣を制作する麻布には布地を白く見せるために、生地を表側からデンプン粒を混ぜた布海苔等で糊

付する「粉張(こばり)」という処理がされているとのことであった。このことから、これらの粉状物質は粉張に用いられた米デンプンであると考えられる。

なお、文献によっては小忌衣の解説に「地質は白麻で、胡粉を粉張にして」(京都国立博物館編：1999)と記されているものや、「白布に胡張」(齋藤：1919)と記されているものもあった。胡粉とは貝の殻を砕いて精製されたもので、主成分は炭酸カルシウムである。そこで、牡蠣、帆立、蛤の3種類の貝殻から精製された胡粉についても走査型電子顕微鏡による形態観察ならびにX線回折装置およびフーリエ変換赤外分光光度計による

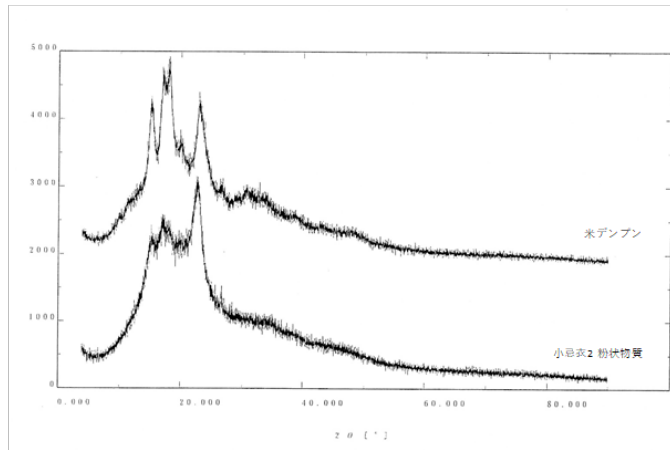


図8 小忌衣2-剥離した粉状物質と米デンプンのX線回折スペクトル

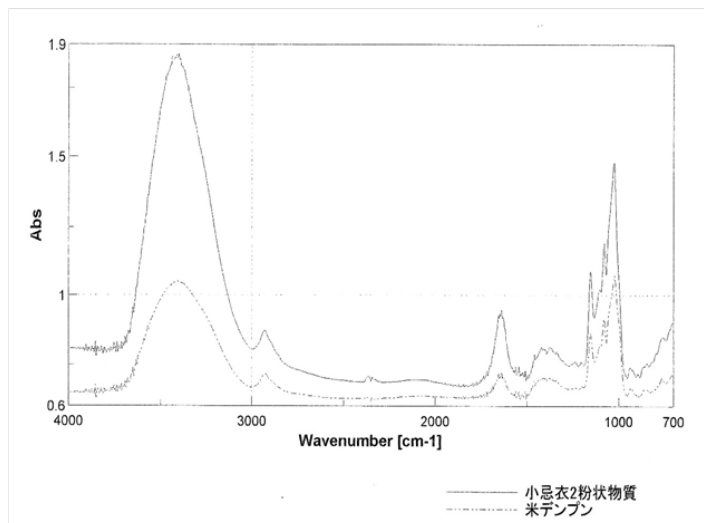


図9 小忌衣2から剥離した粉状物質と米デンプンのフーリエ変換赤外分光スペクトル

分析を行なった。電子顕微鏡で観察した牡蠣胡粉を写真8、帆立胡粉を写真9、蛤胡粉を写真10に示す。牡蠣と帆立の胡粉には棒状の結晶がみられ、形態はよく似ていた。一方、蛤の胡粉はいびつな粒状で牡蠣と帆立に見られたような棒状の結晶は認められなかった。各胡粉のX線回折パターンを図10に、FT-IRスペクトルを図11に示す。X線回折のスペクトルパターンをデータベースで検索すると、牡蠣と帆立は炭酸カルシウムを成分とするカルサイト(Calcite)、蛤は炭酸カルシウムを成分とするアラゴナイト

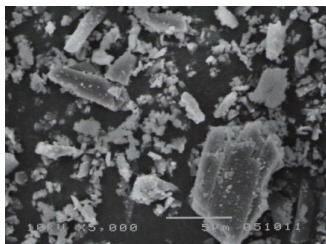


写真8 牡蠣胡粉

倍率: x5000, スケール: 5 μm

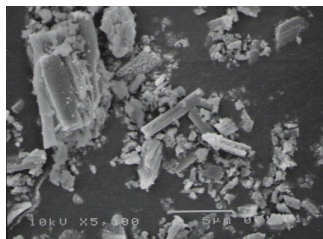


写真9 帆立胡粉

倍率: x5000, スケール: 5 μm

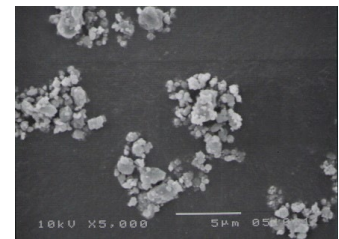


写真10 蛤胡粉

倍率: x5000, スケール: 5 μm

(Aragonite)であることがわかった。この結晶構造の違いが走査型電子顕微鏡観察における形態の違いをもたらしていると考えられる。各胡粉と炭酸カルシウムの FT-IR スペクトルはほぼ一致しており、その成分が炭酸カルシウムであることが確認できた。これらの結果から、本学所蔵の小忌衣の「粉張」は胡粉ではなく、デンプンによるものであることが明らかになった。

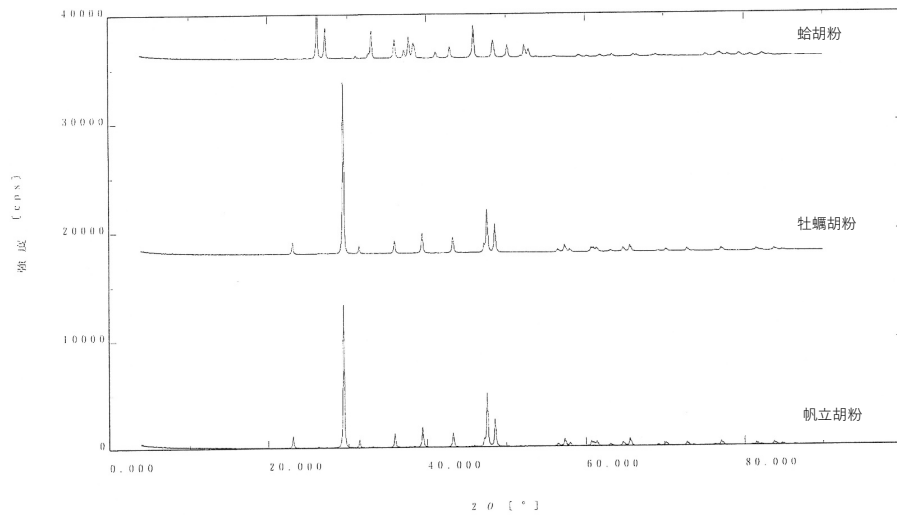


図 10 各種胡粉のX線回折スペクトル

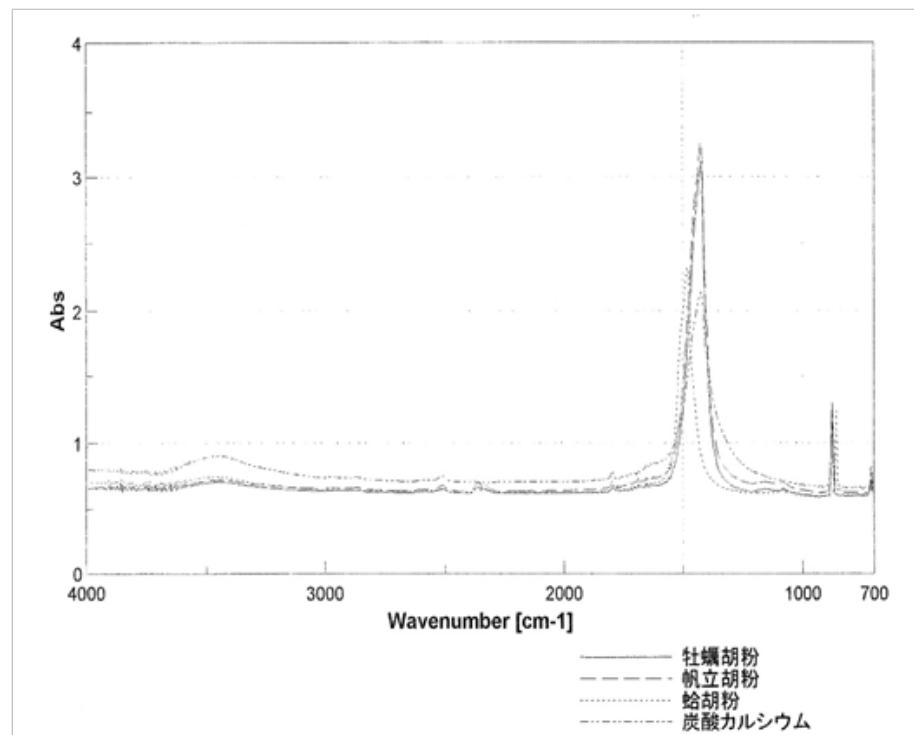


図 11 各種胡粉のフーリエ変換赤外分光スペクトル

小 括

本学所蔵の小忌衣 2 領について、形と文様、用いられた布や紐の組織・構造および布付着物の同定を行った。

まず小忌衣の形態と文様を記録し、寸法を計測した。小忌衣の文様はヤマアイの葉の汁を刷り込んだ摺染である可能性が高く、染色は葉緑素によるものであると考えられる。現在、経年劣化による退色により、かなり色が薄くなってしまっている文様もあり、これらの文様を記録しておくことは重要であるとする。小忌衣 1 についてはこれらの文様と公文書の記録ならびに大正大礼に使用された他の小忌衣との出来上がり寸法の計測の比較から、本試料について残されていた「大正大礼使用品」という記録を裏付ける結果が得られた。さらに、由来について何も記録が残されていなかった小忌衣 2 については高田装束研究所の高田の協力を得て、制作年代は明治以前と推定され、祭事に舞楽を奉納する楽人が着用するもので、白麻にヤマアイの摺染めが施されていることは同じであるが、用途と着用者の区別により、「小忌衣」ではなく「青摺の袍」に分類されるものであると鑑別された。

さらに、小忌衣 1 と小忌衣 2 の身頃の繊維に付着していた粉状の物質はその特徴的な形状および X 線回折と FT-IR で分析したところ、それらは米デンプンである可能性が高い。これは麻布を白く見せるための「粉張」の処理に使われたものであると考えられる。

小忌衣は宮中の祭服であり、本来使用後は焼却するという性質上、後世に残ることが少ない貴重な試料であるため、詳細な調査をされたものは少ない。今回、本学に所蔵されていた小忌衣について調査し記録を残すことは、歴史文化の伝承のためにも重要であるとする。今後の課題として、小忌衣の特徴であるヤマアイの摺染めとされる文様の染料の分析があげられる。

引用文献

第1章

- Christian Berfjord, Bodil Holst (2010) A procedure for identifying textile bast fibres using microscopy: Flax, nettle/ramie, hemp and jute, *Ultramicroscopy* 110, pp.1192-1197
- Dorothy Catling, John Grayson (2004) "Identification of Vegetable Fibres" Archetype Publications
- Elizabeth G. Cutter (1978) "PLANT ANATOMY PART1" Addison-Wesley Publishing Company, pp.44-47
- A Fahn (1982) "PLANT ANATOMY Third Edition" Pergamon Press, pp.22-24
- Vincent R. Franceschi & Paul A. Nakata (2005) Calcium Oxalate in Plants: Formation and Function, *Annu.Rev.Plant Biol*, No.56 pp.41-71
- Paul Garside, Paul Wyeth (2003) Identification of Cellulosic Fibres by FTIR Spectroscopy : Thread and Single Fibre Analysis by Attenuated Total Reflectance Studies in Conservation, Vol.48, No.4, pp.269-275
- Paul Garside, Paul Wyeth (2006) "Identification of Cellulosic Fibres by FTIR Spectroscopy : Differentiation of Flax and Hemp by Polarized ATR FTIR Studies in Conservation, vol. 51, no. 3, pp. 205-211
- Hana Lukesova, Bodil Holst (2020) Is Cross-Section Shape a Distinct Feature in Plant Fibre Identification? Article in *Archaeometry*, Vol.63, No.3, pp.216-226
- 東吾妻町役場 (2016) 吾妻町の歴史・文化探訪—岩島の麻栽培と精麻技術～群馬県選定保存技術第1号～『広報ひがしあがつま』通巻126号 p.6 (平成28年9月5日発行)
- 石井裕子, 滝山一義 (1990) 植物中のシュウ酸カルシウム結晶の形態と結晶水 *BUNSEKI KAGAKU* Vol.39 pp.145-149
- 石井裕子 (1990) 植物中のシュウ酸カルシウムの結晶化学 *電子顕微鏡* Vol.25 No.3 pp.145-151
- 石井裕子 (1991) 植物細胞中の3種類のシュウ酸カルシウム水和物の動態 *日本化学会誌* No.1 pp.63-70
- 沖縄文化社 (2007) 『沖縄の伝統工芸』沖縄文化社 p.42
- 奥山誠義, 佐藤昌憲, 赤田昌倫 (2012) 偏光顕微 FT-IR による出土植物性繊維製品の材質調査の基礎研究—植物性繊維の判別の可能性について—

- 繊維学会誌 Vol.68 No.3 pp.59-63
- 奥山誠義, 佐藤昌憲, 赤田昌倫 (2014) 偏光顕微 FT-IR による出土植物性繊維製品の
材質調査の基礎研究(II)―現代産苧麻における赤外偏光特性について―
繊維学会誌 Vol.70 No.3 pp.14-18
- 奥山誠義 (2021) 『2017~2020 年度科学研究費助成事業基盤研究(B)(課題番号
17H02023) 研究成果報告書 黒塚古墳から藤ノ木古墳に至る古墳時代における染
色文化財の総合的研究』奈良県橿原考古学研究所 pp.146-167
- 河村正義 (1955) 繊維作物の灰像による鑑識 中京大学論叢 No.2 pp.1-17
- 喜如嘉の芭蕉布保存会 (2009) 『喜如嘉の芭蕉布おエイサー衣』喜如嘉の芭蕉布保存会
p.24
- 工藤雄一郎, 鯨本真友美, 能城修一, 佐々木由香, 西田巖, 高宮紀子, 千葉敏郎,
本間一恵, 鈴木三男/国立歴史民俗博物館 編 (2017)
『さらにわかった! 縄文人の植物利用』 新泉社 p.198
- 国立歴史民俗博物館 HP「日本の遺跡出土 大型遺存体データベース」(2021/7 確認)
https://www.rekihaku.ac.jp/up-cgi/login.pl?p=param/issi/db_param
- 沢田むつ代 (2005) 『季刊 考古学』第 91 号 pp.11-17, pp.48-53
- 辻誠一郎, 森勇一, 鈴木三男, 杉山真二 (2000) 『考古学と植物学』同成社 p. 37
- 布目順郎 (1992) 『目で見る繊維の考古学』染織と生活社
- 布目順郎 a (1999) 『布目順郎著作集:繊維文化史の研究』第 1 巻から 4 巻 桂書房
- 布目順郎 b (1999) 『絹の東伝』小学館ライブラリー p.35, pp.40-41
- 布目順郎 c (1999) 『布目順郎著作集:繊維文化史の研究』第 1 巻 桂書房 pp.44-48
- 布目順郎 d (1999) 『布目順郎著作集:繊維文化史の研究』第 2 巻 桂書房 p.254
- 平田尚子 (2011) 『からむし畑 博物館シリーズ 14』からむし工芸博物館 p.4
- 松谷暁子 (2001) 灰像と炭化像による先史時代の植物利用の探求
植生史研究 第 10 巻 第 2 号 pp.47-65
- 南木睦彦 (1986) 第四紀大型植物化石研究の課題と問題点 植生史研究 第 1 号
pp.19-27
- 村井竜彦 (2013) 『葛のはなし』大井川葛布 p.7
- 吉岡幸雄 a (2004) 『日本の自然布』平凡社 p.39
- 吉岡幸雄 b (2004) 『日本の自然布』平凡社 p.28

第 2 章

- B. Adney, J. Baker (2008) Measurement of Cellulase Activities Laboratory Analytical
Procedure (LAP) Issue Date: 08/12/1996
Technical Report, NREL/TP-510-42628, January 2008

<https://www.nrel.gov/docs/gen/fy08/42628.pdf> (2022/1 確認)

- 伊藤美香・小原奈津子 (2002) 出土繊維のための基礎的研究—各種麻繊維の炭化による形態変化— 昭和女子大学紀要 学苑 740 号 昭和女子大学近代文化研究所 pp.93-100
- 伊藤美香・小原奈津子・松田猛 (2005) 出土繊維鑑別のための基礎研究—北斗遺跡出土炭化繊維と炭化させた現存植物繊維の比較 日本文化財科学会誌 考古学と自然科学 第 51 号 pp.19-33
- 大沼亥久三・薄墨正・徳永邦雄・中畷正志・石川励造(監修) (1990) 『繊維』東京電機大学出版局 p.56
- 菅家博昭・大久保裕美 (2001) 『苧』からむし工芸博物館 p.46
- 新村孝善 (1998) クロマツの炭化 鹿児島県工業技術センター研究報告 No.12 pp.41-45
- 平田利美 (2013) 「4.3.4 熱分析 a.熱分解経路」セルロース学会編『セルロースの事典』朝倉書店 pp.188-192
- 平田利美・前川麻弥・能美隆 (1998) セルロースの熱分解機構および分析上の課題 J. Mass Spectrom. Soc. Jpn. Vol.46, No.4 pp.259-274
- 本間芳和 (2011) 「6.4.1 観察試料作製法(微細組織観察のための試料破断法)」日本顕微鏡学会(編)『新・走査電子顕微鏡』 共立出版 pp.422-423
- 高島大典 (1982) 「無毒アサ「とちぎしろ」の育成について」栃木県農業試験場研究報告 28 号 栃木県農業試験場 pp.47-54

第 3 章

- Christian Bergfjord, Bodil Holst (2010) “ A Procedure for Identifying Textile Best Forbers using Microscopy: Flax, Nettle/Ramie, Hemp and Jute.” Ultramicroscopy. 110 pp.1192-1197
- Elizabeth G. Cutter (1978) “Plant Anatomy Part1 CELLS AND TISSUES Second Edition” pp.44-47
- A. Fahn (1982) “PLANT ANATOMY THIRD EDITION” pp.22-24
- Vincent R. Franceschi & Paul A. Nakata (2005) Calcium Oxalate in Plants: Formation and Function, Annu.Rev.Plant Biol, No.56 pp.41-71
- C. G. Jarman, R. H. Kirby (1955) “ The Differentiation of Jute and Some Jute Substitute Fibres Based on The Type of Crystals Present in The Ash.” Colonial Plant and Animal Products. 5, pp.281-287
- 石井裕子・滝山一善 (1990) 植物中のシュウ酸カルシウム結晶の形態と結晶水 分析化学 Vol.39 No.3 pp.145-149

- 石井裕子 (1990) 植物中のシュウ酸カルシウム結晶化学 電子顕微鏡 Vol.25 No.3 pp.145-151
- 石井裕子 (1991) 植物細胞中の 3 種類のシュウ酸カルシウム水和物の動態 日本化学会誌 No.1 pp.63-70
- 河村正義 (1954) 鑑識法としての灰像(Aschenbild) 商品研究 No.18 pp.12-22
- 河村正義 (1955) 繊維作物の灰像による鑑識 中京論叢 第 2 号 pp.1-17
- 河村正義 (1956) 灰像による繊維作物の鑑識 名古屋市立女子短期大学研究紀要 Vol.6 pp.30-39
- 近藤鍊三 a (2010) 『プラント・オパール図譜』北海道出版会 p.173
- 近藤鍊三 b (2010) 『プラント・オパール図譜』北海道出版会 p.200
- 近藤鍊三 c (2010) 『プラント・オパール図譜』北海道出版会 pp.242-251
- 日本臨床衛生検査技師会 尿沈渣特集号編集部会 (2017) 尿沈渣アトラス: VI 塩類・結晶類 - 塩類, 通常結晶類, 以上結晶類, 薬物結晶類 - 医学検査 Vol.66 J-STAGE-1 号 pp.147-154
- 山口聡 (2009) 尿路結石と臨床検査 生物試料分析 Vo.32 No.3 pp.200-214

第 4 章

- 4-1 Paul Garside and Paul Wyes (2003) Studies in Conservation Vol.48, p.269-275
- 赤田昌倫, 佐藤昌憲, 奥山誠義 (2009) 日本文化財科学会第 26 回大会研究発表要旨集 pp.202-203
- 石川励造, 大野亮, 島崎恒蔵, 金子恵以子 (1986) 『被服材料実験書』 同文書院 p.155
- 堀口 博(2001) 『赤外吸収図説総覧』 三共出版 p.264
- 東 陽一 (2000) 「1.2.4 麻・ケナフ」セルロース学会編『セルロースの事典』朝倉書店 p.31-33
- 4-2 Dorothy Catling, John Grayson (2004) "Identification of Vegetable Fibres" p.66
- 松島繁治, 神保侑史, 桜岡正信, 植田弥生, 石田一成, 徳江英雄 a (2001) 『愛宕山遺跡』(財)群馬県埋蔵文化財事業団報告書 第 276 集 p.1, pp.76-97
- 松島繁治, 神保侑史, 桜岡正信, 植田弥生, 石田一成, 徳江英雄 b (2001) 『愛宕山遺跡』(財)群馬県埋蔵文化財事業団報告書 第 276 集 p.49
- 群馬県勢多郡富士見村教育委員会 (1994) 『富士見地区遺跡群 愛宕山遺跡 初室遺跡 愛宕遺跡 日向遺跡 平成 2 年県営圃場整備事業富士見地区に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書』 p.35,50
- 近藤鍊三 (2010) 『プラント・オパール図譜』北海道出版会 p.200

- 4-3 アイヌ民族博物館 (2002) 『アイヌ民族博物館収蔵資料テーマ展 (2002,7,1-10,31)』
資料
松田 猛 (1993) 擦文文化の新しい織物資料 古代文化 Vol.45, No.4 p.30-39
福岡イト子 (2000) 『アイヌ植物誌』 草風館 pp.102-107, pp.151-153, pp.155-157
- 4-4 Paul Garside, Paul Wyeth (2003) Identification of Cellulosic Fibres by FTIR
Spectroscopy : Thread and Single Fibre Analysis by Attenuated Total Reflectance
Studies in Conservation, Vol.48, No.4, pp.269-275
大蔵常永 (1996) 『日本農書全集 15 綿圃要務』 農山漁村文化協会 p.325
柴田桂太 (2001) 『資源植物事典』 北隆館 p.10
長谷川縈一郎 (1937) 『大麻の研究』 長谷川唯一郎商店 pp.18-28
東 陽一 (2000) 「1.2.4 麻・ケナフ」セルロース学会編 『セルロースの事典』
朝倉書店 p.31-33
布目順郎 (1999) 『布目順郎著作集 第1巻』 桂書房 p.90
- 4-5 東 陽一 (2000) 「1.2.4 麻・ケナフ」セルロース学会編 『セルロースの事典』
朝倉書店 p.31-33
大蔵常永 (1996) 『日本農書全集 15 綿圃要務』 農山漁村文化協会 p.325
柴田桂太 (2001) 『資源植物事典』 北隆館 p.10
河井修, 北野寿一 a (2009) 『静岡県埋蔵文化財調査研究所調査報告第203集 駿府城
内遺跡』 財団法人静岡県埋蔵文化財調査研究所 p.17
河井修, 北野寿一 b (2009) 『静岡県埋蔵文化財調査研究所調査報告第203集 駿府城
内遺跡』 財団法人静岡県埋蔵文化財調査研究所 p.28
長谷川縈一郎 (1937) 『大麻の研究』 長谷川唯一郎商店 pp.18-28
布目順郎 (1999) 『布目順郎著作集 第1巻』 桂書房 p.90
宮腰哲雄, 永瀬喜助, 吉田孝 (2000) 『漆化学の進歩』 アイピーシー pp.179-231
- 4-6 Paul Garside, Paul Wyeth (2003) Identification of Cellulosic Fibres by FTIR
Spectroscopy : Thread and Single Fibre Analysis by Attenuated Total Reflectance
Studies in Conservation, Vol.48, No.4, pp.269-275
黒澤照弘ら (2012) 『東宮遺跡 (2) - 遺物編 -』 財団法人群馬県埋蔵文化財調査事業
団 p.322-324
武部善人 (1989) 『綿と木綿の歴史』 お茶の水書房 p.71-86
檜崎修一郎ら (2007) 『上郷岡原遺跡 (1)』 財団法人群馬県埋蔵文化財事業団
pp.9-22, pp.129-22
堀口 博 a (2001) 『赤外吸収図説総覧』 三共出版株式会社 p.36
堀口 博 b (2001) 『赤外吸収図説総覧』 三共出版株式会社 p.329-330

付録 2

- 相賀哲夫編 (1985)『日本大百科全書 4』, 小学館, p.351
- 安西千恵子監修 (1994)『装束に見る皇室の伝統と格式』, 民族衣裳文化普及協会, p.54, pp.74-76
- 石川欣造編 (1986)『被服材料実験書』同文書院 pp.154-155
- 一条兼良 (1478)『代始和称』
- 河野美代賀 (1976) 大谷女子短期大学紀要第 19 号, pp.40-81
- 河鱒実英 (1992)『宮廷の生活 幕末から明治、大正時代』 霞会館 pp.1-2
- 木村光雄 (1990)『伝統工芸染織技法の解説』 染織社 p.11
- 京都国立博物館編 (1999)『天皇陛下御在位十周年記念 宮廷の装束』 高倉文化研究所 pp.124-125, pp.131-132
- 宮内庁ホームページ 宮中祭祀 (2021/4 確認)
<https://www.kunaicho.go.jp/about/gokomu/kyuchu/saishi/saishi.html>
- 齋藤精輔編 (1919)『日本百科大辞典』 日本百科大辞典完成會, pp.641-642
- 桜井 秀 (1915)『即位大嘗 典禮史要』 博育堂 pp.255-259
- 島崎恒藏 (1999)『衣の科学シリーズ 衣服材料の科学』 建帛社 p.52
- 大正大礼記録絵図, 国立公文書館, 請求番号 01-3E-000-00・礼 00312100
- 大礼書類八, 国立公文書館, 請求番号 01-3E-006-01・礼 000919100
- 塚田義明 (1993)『皇室の冠婚葬祭』 KK ベストセラーズ pp.74-75
- 辻村喜一 (1984)『萬葉の山藍染め』 染織と生活社 p.116
- 理学電機株式会社 X 線研究所編 (1998)『X 線回折ハンドブック』 理学電機株式会社 pp.19-20, pp.43-44

本論文に関連する研究論文・報告書・学会発表

第2章に関連するもの

- 論文** 伊藤美香・小原奈津子
出土繊維鑑別のための基礎研究—各種麻繊維の炭化による形態変化—
学苑 740 号(2002) pp.93-100
- 伊藤美香・小原奈津子
顕微鏡による繊維遺物鑑別のための基礎研究
—国内産大麻繊維の繊維断面積と繊維幅の比較—
文化財科学_第 79 号(2019) pp.1-9
- 学会発表** 伊藤美香・小原奈津子
出土繊維鑑別のための基礎的研究—植物繊維の炭化による形態変化—
日本文化財科学会 第 18 回大会 (2001) 要旨集 pp.108-109
- 伊藤美香・小原奈津子
繊維遺物鑑別のための基礎研究
—人工的に炭化させた国内各産地の大麻繊維の比較—
日本文化財科学会 第 31 回大会 (2014) 要旨集 pp.180-181
- 伊藤美香・小原奈津子
繊維遺物鑑別のための基礎研究
—人工的に劣化させた国内各産地の大麻繊維の比較—
日本文化財科学会 第 32 回大会 (2015) 要旨集 pp.158-159
- 伊藤美香・小原奈津子
繊維遺物鑑別のための基礎研究
—国内各産地の大麻繊維の未処理・人工炭化・人工劣化の比較—
日本文化財科学会 第 33 回大会 (2016) 要旨集 pp.150-151

伊藤美香・小原奈津子

繊維遺物鑑別のための基礎研究

—古代から日本で使用されていた植物繊維の人工炭化による形態変化—
日本文化財科学会 第 37 回大会 (2020) 要旨集 pp.160-161

伊藤美香・小原奈津子

繊維遺物鑑別のための基礎研究

—古代から日本で使用されていた植物繊維の人工劣化による形態変化—
日本文化財科学会 第 38 回大会 (2021) 要旨集 pp.138-139

第 3 章に関連するもの

論文

Mika ITO・Natsuko KOHARA

Comparison of Phytoliths in Vegetable Fibers (植物繊維の生体鉱物の比較)

文化財科学_第 82 号(2021) pp.49-62

石川莉英・伊藤美香・小原奈津子

麻類を主とした植物繊維の生体鉱物による鑑別

昭和女子大学大学院 生活機構研究科紀要 Vol.26(2017) pp.61-72

学会発表

伊藤美香・小原奈津子

繊維遺物鑑別のための基礎研究—国産の植物繊維の生体鉱物の比較—

日本文化財科学会 第 34 回大会 (2017) 要旨集 pp.158-159

伊藤美香・小原奈津子

繊維遺物鑑別のための基礎研究

—国産植物繊維のクリスタル(シュウ酸カルシウム結晶)の比較—

日本文化財科学会 第 35 回大会 (2018) 要旨集 pp.196-197

第 4 章に関連するもの

論文

伊藤美香・小原奈津子・松田猛

出土繊維鑑別のための基礎研究

—北斗遺跡出土炭化繊維と炭化させた現存植物繊維の比較—

考古学と自然科学_第 51 号(2005) pp.19-33

伊藤美香・小原奈津子・黒澤照弘
東宮遺跡出土の繊維遺物について
研究紀要 31 群馬県埋蔵文化財調査事業団(2013) pp.81-88

伊藤美香・武藤亜紀子・小原奈津子
本学所蔵の小忌衣について
学苑 785 号(2006) pp.106-125

報告書

伊藤美香
堂ヶ谷廃寺出土露金具内部の繊維について
静岡県埋蔵文化財調査研究所調査報告第 219 集(2010)
堂ヶ谷廃寺・堂ヶ谷経塚 pp.150-152

伊藤美香
長谷津遺跡の繊維遺物について
財団法人群馬県埋蔵文化財調査事業団調査報告書 第 541 集(2012)
長谷津遺跡 pp.305-307

伊藤美香
2.高尾山古墳の繊維遺物について
沼津市文化財調査報告書第 104 集(2012)
高尾山古墳発掘調査報告書 pp.212-215

学会発表

伊藤美香・小原奈津子・松田猛
出土繊維鑑別のための基礎的研究
—釧路市北斗遺跡出土炭化繊維と北海道自生植物繊維の比較—
日本文化財科学会 第 19 回大会 (2002) 要旨集 pp.230-231

伊藤美香・小原奈津子
駿府城内遺跡から出土した布の分析
日本文化財科学会 第 28 回大会 (2011) 要旨集 pp.156-157

伊藤美香・小原奈津子
堂ヶ谷廃寺から出土した露金具内部の繊維について
日本文化財科学会 第 29 回大会 (2012) 要旨集 pp.216-217

謝 辞

本研究を纏めるにあたり、2001年から20年に亘り懇切なご指導とご校閲を賜りました昭和女子大学 学長 小原奈津子 教授に深く感謝し謹んでお礼申し上げます。

本論文のご校閲ならびにご助言を賜りました独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所保存科学研究センター 修復材料研究室客員研究員(東京藝術大学名誉教授) 稲葉政満氏、昭和女子大学大学院生活機構研究科生活機構学専攻主任 中山榮子教授、昭和女子大学大学院生活機構研究科生活機構学専攻 木下亮教授に深く感謝申し上げます。

本研究における統計に関するご指導・ご助言を賜りました昭和女子大学大学院生活機構研究科生活機構学専攻 今城周造教授に謹んでお礼申し上げます。

植物繊維鑑別の標品となる繊維試料の入手にご協力いただいた、栃木県立博物館 篠崎茂雄氏、岩島麻保存会・吾妻町教育委員会、栃木県野州麻農家 大森由久氏、大井川葛布 村井龍彦氏、ペンション美女峠 小林政一氏、国立アイヌ民族博物館 赤田昌倫氏、昭和女子大学名誉教授 増田勝彦先生に深く感謝いたします。

繊維遺物をご提供くださいました、北海道立アイヌ文化研究センター、群馬県埋蔵文化財事業団、静岡県埋蔵文化財調査研究所、昭和女子大学光葉博物館に謹んでお礼申し上げます。

本研究の遂行にご助言・ご協力を賜りました、京都工芸繊維大学名誉教授 佐藤昌憲先生、Hemp Revo, Inc 赤星栄志氏、国立アイヌ民族博物館 赤田昌倫氏、高田装束研究所 高田倭男氏・高田明男氏、株式会社リガク応用技術センター 西郷真理氏、株式会社リガク官庁・大学営業部 有田弘道氏、福井県工業技術センター 渡邊暢子氏、地方独立行政法人 都立産業技術研究センター 中澤亮二氏、佐々木直里氏に厚くお礼申しあげます。

最後に、研究の遂行および本論文作成において、常に励まし支えてくれた夫 酒井圭介と娘 美優に心から感謝します。