

〈資料〉

ミイラのドレスに関する法科学的研究（第2報） ドレスの素材と織り

長井 辰男¹⁾、Velta Vorkšone²⁾、Grigory Vabels²⁾

Forensic examination of the dress of a mummy (2) Material and texture of the dress

Tatsuo Nagai¹⁾, Velta Volkšone²⁾ and Grigory Vabels²⁾

Summary We studied the dress of a Latvian mummy who died in 1743. We determined the composition of the thread using a combustion test, chemical dissolution tests, and light microscopical observations. An amino acid analysis of the thread was performed using an LC-10 AT device.

As a result of these tests, the material of the thread was determined to be silk. Both the warp and the weft threads had particularly large quantities of glycine, alanine and serine. These compositions were similar to that of fibroin. The fiber of the dress determined to be glossed silk, which is a type of refined silk thread. As for the thickness of the thread, the weft threads were 41.85 denier, and the warp threads were 112.05 denier. As for the texture, the number of warp threads per 1 cm of cloth was 66, while the number of weft threads was of weft were 37 in a plain weave pattern, resulting in a ratio of 1.7.

The dress was thought to be a high-quality product imported over a sea route from “Lübeck, Germany”, which prospered as part of in the Hanseatic League, to “Riga, Latvia” in about 1740.

Key words: Glossed silk, *Bombyx mori*, Latvian mummy, Plain weave, Lielie kapi graveyard

I. 緒言

人類が織布を用いてきた歴史は古い。したが

って、遺跡や墳墓から被葬者の織物組織が発見されることは珍しいことではないが、被葬者が身に付けていた着衣そのものが完全な形で残っ

¹⁾ 長井医科学研究所
〒337-0042 埼玉県さいたま市見沼区南中野45-6

²⁾ ラトビア共和国国立法医学検査センター

¹⁾ Nagai Medical Science Laboratory. 45-6, Minaminakano, Minuma-ku, Saitama City, Saitama Prefecture, 337-0042, Japan

²⁾ State Center for Forensic Medical Examinations of the Republic of Latvia. 2, Hipokrata Str. Riga, LV-1038, Republic of Latvia

受付日：2017年5月12日

採択日：2017年6月21日

ていることは極めて少ない。

北部ヨーロッパのバルト海に面するラトビア共和国の首都リガに、ハンザ同盟時代に使われていたドイツ人墓地 (Lielie kapi 墓地) がある。この墓地から、被葬者の没年、性別、名前および夫の爵位の明らかなミイラが、ドレスを着用し、布の手袋をはめた姿で発見された。死体に人為的な加工を加えず、既述の情報を持ち、18世紀中頃につくられたドレスを着用したミイラが発見された。これは、法科学的に極めて貴重な事例である。

我々^{1,2)}は、既にラトビア共和国国立法医学検査センターから当該ミイラの大腿骨の一部を提供され、ミトコンドリアDNA (mtDNA) のHVR I およびHVR II の塩基配列を明らかにし報告した。また、既述のミイラが着用していたドレスの色調、着色材料の特性、自然光による影響およびドレスの洗い液を用いたABO式血液型の鑑定について法科学的に研究した。さらに、木棺の中における被葬者の腐敗現象とドレスの関係について考察した。日本の被葬者が着用した白袴が原状を留めず腐敗し、甕棺、副葬品および人骨に付着した絹布として発見されることも法科学の立場から考察し併せて報告した。

今回、我々は、ミイラが着用していたドレスの素材および織りに付いて研究したので報告する。

II. 材料と方法

1. 鑑定資料

既述の被葬者が着用していたドレスを鑑定資料として用いた。鑑定資料の襟はスタンドカラーで、パフスリーブ袖に同素材の布製包みばたんのカフス付、ハイウエストの位置に同素材の布製ベルトが付いた裾の広いドレス (Fig. 1A, B) で、背部は召合わせ造りであった。

被葬者の特徴は、死体現象と鑑定資料の保全の関係を考察するのに重要であることから記載する。1) 木棺の識別プレートに「Baroness von Robb, 1743」と刻まれていたことから、被葬者はドイツの男爵婦人で、名前はロバ、性別は女性、没年は1743年であったこと、2) 頭部、顔面、体幹部、上肢に損傷が無く、褐色に変色し、革皮様化し、完全に一次性ミイラ化していたが、下肢は、両脚の膝関節より下方がミイラ化する以前に切断され存在しなかったこと、および、3) 生地破損・欠落のない既述のドレスを着用し、布製の手袋をしていたことであった。



Fig. 1 Mummy of the German baroness Robb, who wore a modern dress and was discovered in a mausoleum.

A: view of the mummy lying on her side while wearing a dress; the general appearance of the dress can be seen. B: Anterior surface of the dress.

When a worker dismantled the mausoleum of a German baron in 1960, he discovered the Baroness Robb, who was found wearing a modern dress while lying within her coffin.

2. 試薬

試薬は、和光純薬工業のものを用いた。

3. 繊維の燃焼試験

鑑定資料の繊維の燃焼試験は、JIS L 1030-1³⁾に準拠して実施した。鑑定資料の繊維組織をほぐすと、「たていと」および「よこいと」が得られた。「たていと」および「よこいと」の記載方法は、文献によって「経糸および緯糸」⁴⁾、「たて糸およびよこ糸」^{3,7)}および「経および緯」⁸⁾と研究者によって異なるが、本研究では、JISハンドブック(31)繊維³⁾に準拠して「たて糸」および「よこ糸」と記載する。

たて糸またはよこ糸を、①そのまま10 mmの炎に近づけた時、②炎の中、および③炎から離れた時のそれぞれの繊維の状態、煙の臭いおよび灰の状態を観察した。臭いについて観察する場合には、燃焼中の鑑定資料のたて糸またはよこ糸の炎を消し、生じる煙の臭いを嗅いだ。

4. 繊維の各種試薬に対する溶解性試験

鑑定資料のたて糸およびよこ糸の各種試薬に対する溶解性試験は、JIS L 1030-1³⁾に準拠して実施した。直径18 mmの試験管に試薬4.0 mLを入れ、その中に10 mgの鑑定資料を入れ、所定の温度で所定の時間処理し、各種試薬に対する溶解性を観察した。

溶剤は60% 硫酸、70% 硫酸、濃硫酸、濃硝酸、酸化銅アンモニア溶液、20% 塩酸、35% 塩酸、水酢酸、5% 水酸化ナトリウム、次亜塩素酸ナトリウムおよび100% アセトンを用いた。

5. 繊維のアミノ酸分析

鑑定資料のたて糸およびよこ糸のアミノ酸分析は、以下の実験条件下で実施した。鑑定資料のたて糸およびよこ糸の繊維を6 mol/L HClを用いて110℃、24時間加水分解処理した。これをShim-pack ISC 07 / S 1504 カラム（島津製作所）を装着したShimadzu LC-10 AT型分析装置（島津製作所）を用いて分析した。o-フタルアルデヒド（OPA）法を用いて検出した。

6. 繊維組織の観察

鑑定資料の織りの観察は、デジタルマイクロスコープVHX-100型（キーエンス）で観察し、

JIS L 1030-1³⁾の繊維の標準的な顕微鏡写真の画像と比較し確認した。

7. 糸の太さ

絹糸の太さを表わす恒長式の単位は、デニール（D）を用いる。これは、ヨーロッパで絹の取引が最も盛んなフランスの銅貨の単位（denarius）から名付けられた単位で、当時は生糸以外にデニール（D）で表さねばならない繊維がなかったからである。

長繊維の糸の太さは、JIS L 1030-1³⁾に「糸の長さ450 mを基準として、重量0.05 gの糸が1 D（デニール）である」と表記するという記載がある。しかし、実際には計算しやすくする目的で、既述の数値を20倍し「糸の長さ9,000 mにつき1 gを1 D（デニール）である」として用いられているので、我々は後者に準拠し、鑑定資料のたて糸およびよこ糸を0.1 mmまで計測できるノギスで計測し、「9,000 mにつき1 gを1 D」と表記した。

鑑定資料のたて糸およびよこ糸の秤量は、分析用天秤（Shimadzu AUW 220 D：島津製作所）を用いた。

8. 繊維の断面標本作成

鑑定資料を構成する繊維の断面形は、パラフィン切片法を用いて調べた。鑑定資料のたて糸およびよこ糸の繊維の薄片を硬パラフィンの溶融液に数分間入れて固化させ、パラフィン包埋ブロックを作製した。マイクロトームの刃が薄切する繊維の軸と垂直になるようにブロックの位置を定め、5 μmの厚さに薄切した。切片は、卵白グリセリンに防腐剤としてチモールを加えたものを用いてコーティングしたスライドに貼り付けた。これにキシロール/エタノール等量混合液に数秒間浸し、パラフィンの一部を除去し、直ちにカナダバルサムを用いて封入した。

9. 断面計測

鑑定資料の繊維の断面標本は、オリンパス三眼生物顕微鏡CX41N-31K（テックジャム）を用い、1000倍下で観察し写真撮影した。繊維の断面長径は、写真を倍率換算し求めた。断面積は、写真の繊維断面を厚さが一定な紙に写し、これを切り抜いて個別に秤量した。その重量（g単位）

を同質紙の単位面積 (1 cm²) の重量で除し、倍率換算し求めた。断面完全度 (扁平度) は、以下の式により求めた。

$$\text{断面完全度} = A / \pi (1/2)^2 \times 100 (\%)$$

A: 断面積、1: 断面長径

10. ラウジネス繊維の程度の測定

鑑定資料1 cm²からたて糸およびよこ糸を1本ずつに分離し、JIS L 1030-1³⁾ に準拠し検査した。70% エタノールに分離した糸を浸し、スライドガラス上に乗せ、7% NaOHを滴下し、数分間静置した。これをカバーガラスで覆い、100倍の光学顕微鏡下で測定した。ラウジネス繊維の程度は以下の式によって求めた。

$$\text{ラウジネス繊維の程度} = A / B$$

A: 糸1本中に出現した全ラウジネス繊維数

B: 糸1本を構成する繊維数

Ⅲ. 結果

1. 鑑定資料およびその状態

鑑定資料の外観の特徴は、次の通りであった。襟はスタンドカラーで、パフスリーブ袖に同素材の布製包みばたんのカフスが付き、ハイウエストの位置に同素材の布製ベルトが付いた裾の広いドレスであった (Fig.1A, B)。スタンドカラーのドレスの背部は召し合せ造りであった。被葬者は下着を付けず、直接鑑定資料を着用していた。

鑑定資料は木棺の中で、一時期被葬者の腐敗現象に由来する腐敗液にさらされたが、腐敗液の大部分は木棺の底にあけられていた穴から外部へ流出した。この時一部の腐敗液は、鑑定資料を構成しているたて糸およびよこ糸の隙間を利用して、あるいは、たて糸およびよこ糸を構成している繊維の隙間を利用して毛細管現象で拡散した。しかし、地下室は土壌が石灰岩と砂であったこと、地下室が乾燥していたこと、および木棺を乗せる基盤の角度が木棺の穴から腐敗液を流出させるのに適していたことなどから、鑑定資料は、腐敗液による微生物学的汚染を最小限に食い止めることが出来た。また、1960年に発見されるまで、木棺は開けられたことがなかったので、鑑定資料は人為的な損傷および昆虫による染みや小動物による食害などの

被害は見られなかった。

2. 鑑定資料の素材

鑑定資料の燃焼試験は、JIS L 1030-1³⁾ に準拠して実施した。その結果、繊維を炎に近づけたとき縮れて炎から離れた。炎の中では縮れて燃えた。炎から離れたとき毛髪を燃した時と似ていたが、ややひらめいて燃え、毛髪を燃したときと同じ臭いがした。燃えた後の灰は黒く膨れ上がり、もろく簡単に潰れた。

各種試薬に対する鑑定資料の溶解性をJIS L 1030-1³⁾ に準拠して検査した。酸化銅アンモニア溶液では直ちに溶解した。次亜塩素酸ナトリウム、60% 硫酸および70% 硫酸および濃硫酸では、1分以内に溶解した。20% 塩酸では3分間で僅かに溶解した。5% 水酸化ナトリウムでは3分間煮沸して溶解した。濃硝酸では3分間処理したが不溶であった。氷酢酸および100% アセトンでは煮沸しても不溶であった。

鑑定資料のたて糸およびよこ糸の断面構造を観察した結果、たて糸およびよこ糸の断面構造は緻密で、麻および綿の断面に認められる植物繊維特有の腔所は認められず、その形態はJIS標準絹の繊維断面構造と酷似していた。

既述の鑑定資料の燃焼試験、各種試薬に対する溶解性および形態学的観察の結果を総合的に判断して、鑑定資料の素材は絹であった。

3. 鑑定資料のアミノ酸分析

絹は多くのアミノ酸からなる高分子蛋白質である。繭糸は、2本のフィブロインの外側をセリシンで被覆した状態でできている (Fig. 2)。フィブロイン、鑑定資料のたて糸およびよこ糸のアミノ酸の多寡を比較すると、グリシン、アラニンおよびセリンなど側鎖が短く分子量の小さいアミノ酸の量が多かった (Table 1)。総アミノ酸量に占めるグリシン、アラニンおよびセリンの合計は、フィブロインが85.1%、鑑定資料の経糸は87.2%および鑑定資料の緯糸は86.5%であった。また、各資料におけるグリシンとアラニンの量の多寡を比較すると、いずれもアラニンよりグリシンが多かった。この結果は、家蚕の繭の特徴⁹⁾と一致していた (Table 1)。しかし、野蚕の繭はグリシンよりアラニンが多い⁹⁾ことが知られている。したがって、野蚕の

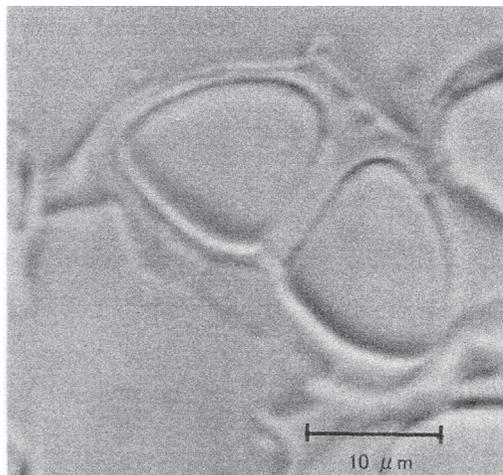


Fig. 2 Microscopic observations of a fiber section of silk. Microscopic observations of the silk thread showed a structure consisting of two fibroin fibers in sericin.

繭でないことが明らかになった。総アミノ酸に対するセリンの多寡に注目すると、フィブロインは12.2%、鑑定資料のたて糸は9.3% およびよこ糸は8.7% と少なかった。このことは、繭糸を精練することによってセリンが一部除去された練絹であることを支持するものであった。

以上の結果から、鑑定資料の素材は、たて糸およびよこ糸のいずれも家蚕の繭糸を精練した練絹であった。

4. 鑑定資料の糸の太さ

生糸は大変細い繊維で、直接計って太さを決めることが難しいので、一定の長さに対する重さで表わす。すなわち、鑑定資料のたて糸およびよこ糸の各々2mの重量を計測した。たて糸は0.0093 g、よこ糸は0.2490 gであった。これらを9000 mの重量に換算するとたて糸は41.85 g、よこ糸は112.05 gであった。したがって、たて糸1本の太さは41.85 D、よこ糸は112.05 Dであった (Table 2)。1本のたて糸は28本の繊維で、また、1本のよこ糸は76本の繊維で構成されていたので、たて糸を構成している1本の繊維は1.49 D、よこ糸1本を構成している繊維は1.47 Dであった (Table 2)。

鑑定資料のたて糸およびよこ糸の繊維断面長径は、それぞれ $16.36 \pm 2.28 \mu\text{m}$ (n=50) および $17.20 \pm 3.10 \mu\text{m}$ (n=50) であった (Table 2)。鑑定資料のたて糸の繊維の断面積は $137.64 \pm 32.48 \mu\text{m}^2$ (n=50)、繊維の扁平度を表す完全断面度は $65.37 \pm 9.97\%$ (n=50) であった。

Table 1 Amino acid composition of fibroin, and the warp and threads of the investigated material

Amino acid	Fibroin	Warp thread of the investigated material	Weft thread of the investigated material
Gly	42.9	45.5	45.3
Ala	30.0	32.4	32.5
Ser	12.2	9.3	8.7
Tyr	4.6	2.3	2.5
Var	2.5	2.5	2.5
Asp	1.9	1.9	2.0
Glu	1.4	1.6	1.8
Thr	0.9	0.7	0.8
Ile	0.6	0.7	0.8
Leu	0.6	0.7	0.7
Phe	0.7	0.7	0.7
Pro	0.5	-	-
Met	0.1	trace	trace
Cys	trace	-	-
Lys	0.4	0.2	0.2
His	0.2	1.0	1.0
Arg	0.5	0.5	0.5

Amino acid: mol%

Table 2 Characteristic of the thread used in the dress worn by the German Baroness Robb (1)

Distinction between warp and weft	Thickness of one thread (Denier)	State of fiber constituting a thread	Number of fibers constituting one thread	Thickness of fiber constituting one thread (Denier)	Longer cross-sectional axis of one thread (μm)
Warp	41.85	Rightward twist	28	1.49	16.36 ± 2.28
Weft	112.05	No twist	76	1.47	17.20 ± 3.10

5. 鑑定資料の織物組織

たて糸とよこ糸を互いに上下に交錯して組み合わせた状態が織物組織である^{3,6)}。鑑定資料の織物組織は、平行に配列したたて糸の間によこ糸を直角に1本ずつ交互に浮き沈みして組織された平織であった。織物組織の中1cm当たりのたて糸は66本、よこ糸は37本で、たて糸の本数を増すことによって織密度を増し、布の強度を補強するという特徴をもった希少価値の高い平織であった (Table 3, Fig. 3)。たて糸は、28本の繊維のうち8本が右方向に撚りが掛かった片撚り糸で、撚りをかけることによって、たて糸の強度を増していた。1 cm当りのたて糸とよこ糸の本数の比は1.78であった (Table 3)。

また、絹繊維をアルカリ処理した際に分離するラウジネス繊維は、鑑定資料のよこ糸よりたて糸に多く発現した。たて糸は、織物組織の製造工程においてよこ糸より負担がかかることが多いので、フィブロインを構成しているミクロ

フィブリルの束が分離し易くなっていた。

IV. 考察

鑑定資料の織物組織の素材である糸は、繊維を撚り合わせてつくる。繊維を分類すると、天然繊維および化学繊維 (人造繊維) に大別される。天然繊維には、麻や綿のような植物繊維 (セルロース系の繊維)、絹や羊毛のような動物繊維 (蛋白系の繊維)、および鉱物繊維 (石綿など) がある^{3,5)}。化学繊維の製造は、男爵婦人口バの死 (1743年) より時期が後である。

鑑定資料の素材を鑑定するため、繊維組織をほぐしJIS L 1030-1³⁾ に準拠し、燃焼試験および化学薬品に対する溶解試験を行った。その結果、鑑定資料が絹繊維である可能性は極めて高かった。確証を得るため織糸を構成する繊維の断面形をパラフィン切片法によって形態学的に観察した結果、断面構造は緻密で、麻および綿の断

Table 3 Characteristic of the thread used in the dress worn by the German Baroness Robb (2)

Distinction of the warp and the weft	Classification of the textile tissue	Number of threads per 1 cm width of cloth	Ratio of the warp to weft per 1 cm width of cloth
The warp	Plain weave	66	1.78
The weft		37	

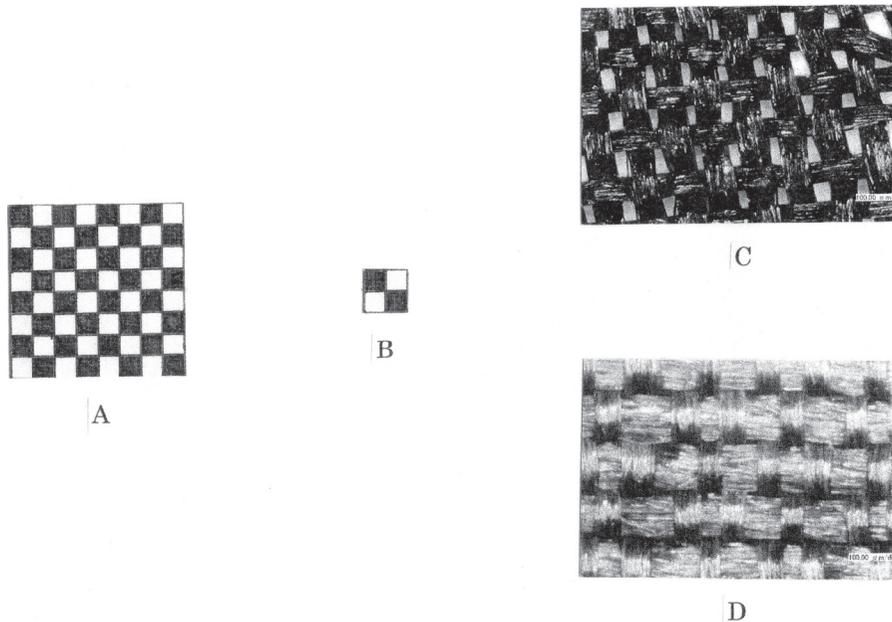


Fig. 3 Comparison among “Organizational chart for plain weave”, “Complete organizational chart for plain weave”, “Textile with a plain weave woven in Meiji era” and “our investigated material”.

A: Organizational chart for plain weave; B: Complete organizational chart for plain weave; C: Textile with a plain weave woven in the Meiji era; D: our investigated material.

Plain weave is the earliest known type of textile to be created by humans. Plain weave is characterized by 50% repeated ups and downs in a turn, and a woven warp and weft. Therefore, the investigated material was identified as an example of a plain weave cloth.

面に見られる植物繊維特有の腔所は認められず、その形態はJIS標準絹の断面構造と同一であった。したがって、鑑定資料の素材は絹であるという確証を得た。

繭糸の総アミノ酸に対する各々のアミノ酸の量の多寡は、家蚕か野蚕かという蚕の種属によって異なる^{5,6,8,9)}。家蚕の繭糸から得た絹はグリシンがアラニンより多く、野蚕の繭糸から得た絹はアラニンがグリシンより多い^{5,6,8)}。鑑定資料はたて糸およびよこ糸ともにグリシンの量がアラニンより多かったことから、家蚕の絹であったと云える。

蚕が吐く繭糸は、左右一對の絹糸腺という器官で作られる。絹糸腺は大きく前部絹糸腺、中部絹糸腺および後部絹糸腺に分けられる^{6,10-12)}。絹フィブロイン蛋白質は、主に後部絹糸腺で生成され、既述の器官を通る間に集合して大きな分子量となり、ゲル状の液状絹として中部絹

糸腺に貯蔵され、吐糸期に相転移して、前部糸腺先端の吐糸口から連続的に吐き出される。蚕が持つこの特性は、蜘蛛の糸の吐出と酷似している。2本のフィブロインが吐糸管で1本に合わさった繭糸の断面形態を見ると2本のフィブロインをセリシンが包んだ構造をしている (Fig. 2)。生絹繊維の主成分は、フィブロインおよびセリシンであるが、この他に蠟、炭水化物、無機塩類が数%含まれている⁶⁾。

また、アミノ酸組成から見たフィブロインの特徴は、グリシン、アラニンおよびセリシンの3種類のアミノ酸の合計が全体の約90%を占めているという報告がある¹³⁾。鑑定資料の総アミノ酸量に占めるグリシン、アラニンおよびセリシンの3種類のアミノ酸の合計は、たて糸が87.2%、よこ糸が86.5%で文献値 (90%)¹³⁾ とほぼ同様の傾向を示した。また、総アミノ酸量に占めるグリシン、アラニンおよびセリシンの量の合計が

フィブロインと鑑定資料のたて糸およびよこ糸の間で差が生じた要因は、蚕が吐糸した繭糸は太さが均一でないこと、および精練の条件の違いなどに由来するものと考えられる。セリンの含有量に着目すると、フィブロインは12.2%、鑑定資料のたて糸が9.3%、よこ糸が8.7%と少なかった (Table 1)。したがって、鑑定資料のたて糸およびよこ糸は、精練済みの練絹であった。

蚕の繭玉から出る糸は「繭糸」、繭から出る糸を合わせて作った糸が「生糸」、生糸を合わせて作った糸が「生糸撚糸」である。そして、それぞれに「未製錬」、「精練」の状態がある。絹糸は精練する程度の違いで重さが変わる。それに伴いデニールの表示が変わり精練すると約75%になる。

繭糸は、2本の繊維素のフィブロインが膠質のセリシンに包まれた状態で固い^{5,7)}。繭糸を弱アルカリ性に保ちセリシンを除いて（製錬するという）初めて絹本来の美しさと柔らかい感触の練絹が得られる。絹糸は、セリシンやその他の不純物を除去しない未製錬の生絹と、セリシンやその他の不純物を除去した精練済みの練絹に大別される。絹織物の大部分は後者である。したがって、フィブロインが直接摩擦されフィブリルがで易くなる。フィブロインの表面はなめらかで細く強い反面フィブリル構造が著しく露出した繊維である⁶⁾。このため、摩擦によってフィブリルに分裂し、毛羽立ち易くなる⁶⁾。すなわち、摩擦を続けるとフィブリルの切断は繊維、糸への切断へと進むことは明らかである。フィブロインを構成するアミノ酸は、長い年月を経てある程度水素結合がなくなり分子鎖の切断がおこることはあるが、そのために繊維そのものが痩せることはない¹⁴⁾。このことは、絹繊維の断面積および断面完全度は経時的に変化しにくいと考えられる。既述の所見を総合的に判断した結果、鑑定資料の素材は、家蚕の繭糸を精練した練絹であると考えられる。

絹蛋白質の特徴は、表面が形態学的に無構造で、一般的な繊維断面の長径は、家蚕の絹が10～20 μm、野蚕絹が30～40 μmであるということが知られている⁸⁾。鑑定資料のたて糸の繊維断面の直径は、16.36 ± 2.28 μm (n=50)、よこ糸が17.20 ± 3.10 μm (n=50) であった

(Table 2)。この結果、鑑定資料の素材は、家蚕の繭から得た繭糸であることを示唆するものであった。

糸に撚りをかける操作に基づいて撚られた糸を撚糸という⁵⁾。撚りの強弱、加工した撚糸の技法によって、その形態、性状、感触が多様に変化する。原糸の本数、太さ、撚り方向、撚り回数などを変化させて組み合わせると、いろいろな撚糸が出来る。撚糸は、諸撚り糸、片撚り糸および壁撚り糸に大別される⁵⁾。鑑定資料のたて糸は右方向の撚りがかった片撚り糸であり、よこ糸は無撚りであった。たて糸は、機織の行程における張力や摩擦に堪えねばならないため、よこ糸よりの強度が必要である。鑑定資料のたて糸のみに撚りがかけられていたのは、たて糸の強度を増すためであると考えられる (Table 2)。

織布の基本は平織である。一般的な平織は、たて糸およびよこ糸の太さおよび本数がほぼ等しい¹⁵⁾。鑑定資料はたて糸とよこ糸が1本ずつ交互に交差している平織であった (Table 3, Fig. 3)。しかし、たて糸の本数を増やすことによって織密度を増やしており、希少価値の高い絹の平織であった (Table 3, Fig. 3)。また、風合いの良い着衣にするために、撚りの強い諸撚り糸ではなく、片撚り糸を用いたと考えられる。

織布は着用していると、擦れて毛羽立ち布地が切れたりする。織布の耐久性を左右するこの性質を耐摩耗性または摩擦強度と呼び、絹は他の繊維と比べ良くない。繊維の摩擦硬度は表面の滑らかさ、繊維の太さ、引張強度およびフィブリル構造などの微細構造によって変化する。表面はなめらかで、太く、強くフィブリルに分裂しにくいほど繊維の耐摩耗性は優れており、繊維の集まり方、織り方などの織密度と厚さ、織物組織の違いなどによって摩擦強度が違ってくる。

絹織物の大部分はセリシンを除いて用いられるので、フィブロインが直接摩擦されることになる。フィブロインは表面が滑らかで細く強い反面、フィブリル構造が著しく発達したワイヤロープの様な構造の繊維であるため、摩擦によってフィブリルに分裂し、さらに摩擦を続けるとフィブリルの切断は繊維の切断へと進む。毛羽立ちの目立つ状態が、擦れ、細い線維が絡み

合って塊になったのがラウジネスで、どちらも織物の価値を著しく低下させる。

鑑定資料のラウジネス繊維の程度を観察したところ、よこ糸よりたて糸に多く発現したが、その程度は軽微であった。ラウジネス繊維の発現には、蚕品種、眠性、産繭条件、製糸条件、製織準備工程の条件、機織などが関与する^{5,6)}が、鑑定資料のたて糸は、撚りがかけられていたことによって、よこ糸より絹フィブリルの束が分離しやすくなっていたことに由来するものと考えられる。また、鑑定資料は経時的な自然の劣化は無視できないが、たて糸とよこ糸のラウジネス繊維発現の程度は軽微であったとも考えられる。

文献

- 1) 長井辰男, 荒木尚美, 柳沢裕子, 岡崎登志夫, Velta Vorkson, Grigory Vabels : ドイツ貴婦人・ロバのミトコンドリアDNA鑑定. 医学と生物学, 140: 87-91, 2000.
- 2) 長井辰男, Velta Vorkson, Grigory Vabels : ミイラのドレスに関する法科学的研究, 第1報, ドレスの色調, 染色物の特性およびドレスの洗い液を用いたABO式血液型の鑑定. 生物試料分析 (投稿中).
- 3) 日本規格協会 : JISハンドブック (31) 繊維 2016. 日本規格協会, 東京, 2016.
- 4) 鳥根県仁田町教育委員会 : 比久尼原横穴群緊急発掘報告. 布目順朗 : 付編I比久尼原横穴群第V号穴の人骨に付着する絹織物について. 鳥根県仁田町教育委員会, 鳥根県仁田町, 1986.
- 5) 中清香, 土肥悦子 : 図解染織技術事典. 理工学社, 東京, 1990.
- 6) 間和夫 : 分かりやすい絹の科学. 文化出版局, 東京, 1990.
- 7) 西田虎一 : 染色学. 家政教育社, 東京, 1970.
- 8) 布目順朗 : 絹と布の考古学. 雄山閣出版, 京都, 1988.
- 9) 北條正編 : 続 絹糸の構造. 信州大学繊維学部, 長野, 1980.
- 10) Kobayashi M, Tanaka T, Inoue S, Tsuda H, Magoshi J, Magoshi Y: Control of gel-sol transition of silk fibroin by metal ions. Transactions of the Materials Research Society of Japan, 26: 577-579, 2001.
- 11) Hossain KS, Ochi A, Ooyama E, Magoshi J, Nemoto N: Dynamic light scattering of native silk fibroin solution extracted from different parts of the middle division of the silk gland of the *Bombyx mori* silkworm. Biomacromolecules, 4: 350-359, 2003.
- 12) 岡崎登志夫, 米内山さゆり, 栗岡聡, 長井辰男 : カイコ絹糸腺の形態変化に伴う可用性蛋白質とトリプシンインヒビターの電気泳動パターン解析. 生物物理化, 49: 67-72, 2005.
- 13) 小林勝利, 鳥山国土編著 : シルクの話. 技報堂出版, 東京, 1993.
- 14) 小西孝, 黒川昌孝 : 絹フィブロインの単結晶. 繊維学雑誌, 26: 443-446, 1970.
- 15) 東村純子 : 考古学からみた古代日本の紡織. 六一書房, 東京, 2011.