

国立西洋美術館収蔵タピスリー《シャンボール城：九月》の色と素材

高嶋美穂

1. はじめに

《シャンボール城：九月》(inv. OA. 1977-0001、325×427cm^[1])は王立ゴブラン製作所で、1668年以降1712年以前に製作されたタピスリーである^[2]。この作品の修復の際に、以下の項目について科学分析を行った。分析には微量の試料の採取が必要であるが、試料採取が作品に与える影響よりも、分析により得られる情報が作品の保存のうえでも技法の解明においても重要であると判断し実行した。

実施した科学分析は次の3項目のとおりである。

1. 測色
2. 繊維素材の同定
3. 媒染剤の同定

測色は緯糸について45箇所で行い、このうちの35箇所から試料を採取した。これらに加えて、緯糸を2箇所から、経糸を1箇所から、把釣孔(スリット)をつなぐための縫い糸を2箇所から採取した。採取した試料は、1箇所につき長さ5–8mm、太さ0.5–1mmほどの糸(繊維束)である。試料の採取は国立西洋美術館の修復家・河口公男の立会いのもとで行い、タピスリーの裏側からタピスリーが構造上影響を受けない箇所を選んで行った。

分析は採取した試料を実体顕微鏡で撮影・記録した後各々の分析に用い、分析後に残った試料は今後の分析に供することができるよう、冷暗所で保管している。

2. 測色

2-1. 方法

測色計を用いて、タピスリーの表側と裏側から同じ位置を測色した。これは、表側の色は製作からの長年月の経過で色相に大きい変化が生じているので、製作されたときに近い裏側の色と比較し変退色を評価するためである。また、現時点での記録を残しておくことで、今後の色の変化を知ることも科学的に可能にするためである。赤系13箇所、ピンク系1箇所、紫系2箇所、青系9箇所、オレンジ系3箇所、黄系1箇所、茶系9箇所、緑系6箇所、黒系1箇所について測色した。

測色条件は以下のとおりである。

測定光学条件：45°円形照明/0°受光 測定レンジ：400–700nm

計測機器：MINOLTA分光色彩計CG-404c

測定径：直径4mm

計測回数：1回

色差の計算式： $\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$

測色結果はCIELABシステム (CIE^[3], 1986)を用いて表した。このシステムは試料の色特性を、明度の次元 L^* と、2つの色味の次元 a^* 、 b^* に関して特定するような3次元の色空間として定義している。 L^* は正の値が大きくなるほど白く、逆に負の値が大きくなるほど黒くなる。 a^* は正の値が大きくなるほど赤色が濃く、負の値が大きくなるほど緑色、 b^* は正の値が大きくなるほど黄色が濃く、負の値が大きくなるほど青色が濃くなることを表している。表側と裏側の布の色差 ΔE^*_{ab} は、AATCC規格^[4]の変退色評価に用いられているCIE 1976 $L^*a^*b^*$ formulaにしたがって算出した。

2-2. 結果と考察

測色箇所を図1に、その結果を表1に示す。図2はタピスリーの裏側の色を $L^*a^*b^*$ 表示系色度図上に示し、赤系には比較のために、コチニールのアル

図1 測色箇所



ミニウム (Al) 媒染および錫媒染の毛試料、西洋茜の Al 媒染の絹試料、日本茜の Al 媒染の絹試料^[5]もプロットした。タピスリー裏側の色は、赤系は青みの強い赤であり、コチニールの Al 媒染の毛試料に近い色であった (図2)。青系と緑系は黄味を帯びた緑、青味を帯びた緑、緑味を帯びた青に分布しており、茶色は黄味を帯びた茶であった。

表側と裏側の色差 ΔE^*_{ab} は、測定箇所によって 0.6 から 27.2 までの幅があ

色	区画 ^[注1]	染色エリ ア	No.	試料番号	表側			裏側			ΔE^*_{ab} ^[注2]
					L'	a'	b'	L'	a'	b'	
赤系	C-5	I	1	RW-1	18.45	9.41	8.99	15.17	7.85	6.67	4.3
			2	RW-2	22.44	22.19	12.98	17.73	16.43	9.86	8.1
			3	RW-3	19.54	15.06	9.03	15.83	11.19	7.34	5.6
			4	RW-4	21.96	23	12.12	26.23	17.33	4.58	10.4
			5	RW-5	32.21	18.39	12.67	27.37	20.41	11.06	5.5
			6		29.42	23.38	12.83	26.31	21.65	11.89	3.7
	F-5	II	1		34.3	13.33	9.37	21.12	17.19	9.46	13.7
			4		42.37	14.17	11.44	20.05	3.17	0.4	27.2
			1	RW-8	33.06	14.37	11.36	31.08	9.69	6.02	7.4
			2	RW-9	35.31	12.37	10.58	33.9	8.9	9.7	3.8
			3	RW-10	22.61	18.29	12.08	30.32	13.39	7.79	10.1
H-4	IV	4	RW-11	35.48	9.72	8.38	19.91	23.88	10.62	27.2	
		1	RW-12	32.4	6.18	7.07	19.19	17.61	11.9	18.1	
F-1	V										
ピンク系	F-5	II	1	PKS-1	37.13	12.67	12.6	31.73	12.98	8.87	6.6
			2	PRW-1	32.41	1.49	2.66	23.26	3.05	1.21	9.4
紫系	F-5	II	3	PRW-2	34.58	3.02	1.36	32.4	2.85	3	2.7
			1	BW-1	19.86	3.69	6.53	17.81	-3.13	-5.69	14.1
			2	BS-1	54.38	1.68	22.6	50.3	1.31	19.82	5.0
青系	H-5	III	3	BW-2	35.41	5.2	0.47	27.78	-6.82	-1.02	14.3
			4		51.22	1.53	13.79	46.91	-3.34	3.49	12.2
			5	BW-3	14.03	0.04	1.89	21.04	-1.06	-4.11	9.3
	H-4	VI	6		14.84	0.67	4.6	32.17	-2.46	0.13	18.2
			1	BS-2	47.92	-3.63	13.75	43.69	-3.07	14.97	4.4
			2	BW-6	37.53	-3.94	3.96	20.87	-6.16	2.44	16.9
B-6	VII	3	BW-5	15.42	-1.53	1.85	26.5	-7.7	4.76	13.0	
オレンジ系	F-2	V	4	OW-1	27.59	9.49	16.96	29.25	7.03	19.95	4.2
			5		32.71	17.72	24.36	42.2	5.63	7.44	22.9
			7	OW-2	44.96	10.43	18.39	34.13	16.11	27.94	15.5
黄系	F-2	V	6		42.43	4.76	22.5	46.42	3.38	26.56	5.9
茶系	F-1	V	2	BRW-1	29.66	4.26	13.53	14.6	0.32	6.18	17.2
			3	BRW-2	26.66	4.26	13.53	32.22	6.72	10.34	6.9
	E-1	V	8		29.38	2.74	16.86	31.19	4.38	19.21	3.4
			10		33.54	3.72	8.47	21.02	4.8	12.45	13.2
茶系	B-5	VII	1	BRW-3	25.48	-0.85	2.46	15.76	3.79	5.34	11.1
			2	BRS-1	51.17	2.35	19.48	56.24	2.88	20.71	5.2
			3	BRS-2	54.84	2.93	19.83	50.46	2.22	20.68	4.5
			4	BRW-4	25.75	3.13	5.79	21.59	2.08	9.37	5.6
			5	BRW-5	35.74	1.57	8.04	21.23	4.97	9.42	15.0
緑系	H-2	VI	1	GW-1	34.61	-4.54	5.12	28.26	-3.47	12.59	9.9
			2	GW-2	30.81	3.81	2.51	29.97	-2.67	2.22	6.5
			3	GW-3	25.52	0.75	2.05	30.4	-0.26	2.84	5.0
			4	GW-4	25.56	-6.74	12.35	21.42	-0.16	2.77	12.3
			5	GS-1	39.59	-1.47	11.33	43.14	-0.45	2.77	9.3
			6	GS-2	34.25	0.57	17.77	36.21	3.05	22.55	5.7
黒系	E-1	V	9		12.91	0.29	2.01	12.56	-0.19	2.07	0.6

表1 タピスリーの測色値

注1) 本紀要、石井稿図7参照
注2) 太字斜体は $\Delta E^*_{ab} = 20$ 以上

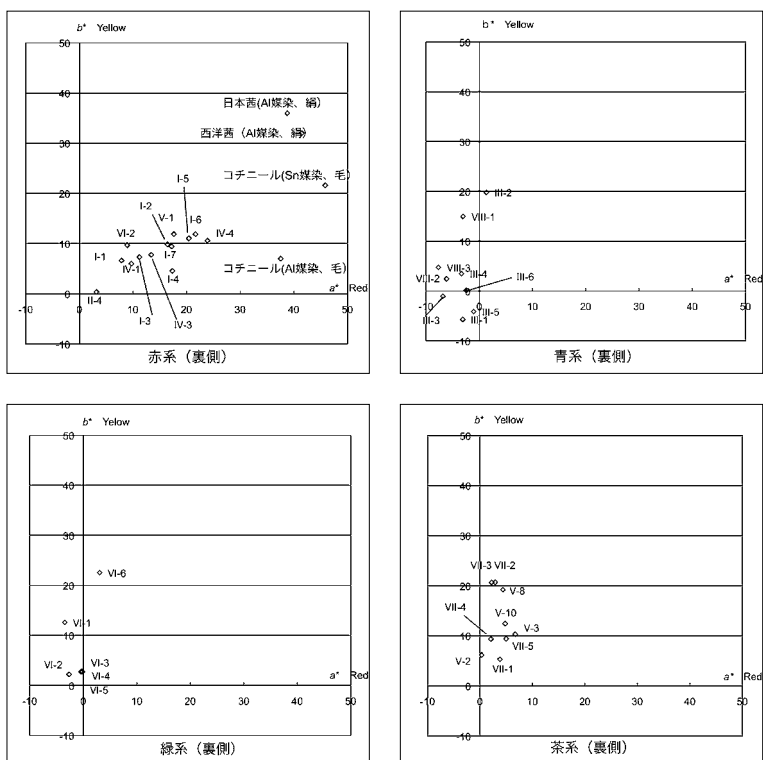


図2 タピスリーの裏側の色相

た。CIE 基準では「知覚できる退色」を $\Delta E^*_{ab} = 1.6$ としており^[6]、ASTM では $\Delta E^*_{ab} = 5.0$ は「4級：経時比較した場合に、ほとんど同一と認めることができる」レベル、 $\Delta E^*_{ab} = 20.0$ は「6級：色名レベルの管理」と規定している^[7]。測定結果は、黒系の1箇所を除いて $\Delta E^*_{ab} = 1.6$ 以上であり、さらに3箇所 で $\Delta E^*_{ab} = 20$ 以上の色差があった。このことから、表側には大きな変退色が 生じており、現在我々が目にしているタピスリーの色は製作当時とはかなり異なっ ていることが、科学的にも判明した。測定箇所によって L^* 、 a^* 、 b^* 値は正の 方向にも負の方向にも変化しており、明度、色相の一定方向への変化の傾 向は認められなかった。これは、変退色には色が消失して退色するだけで はなく、黒や茶などに変色する場合があることによる。緑色は黄色と青色の 染料で染色されているが、黄色の染料は光に弱く黄味のみ消失して青色方 向に向かうものが多い一方で、黄色染料によっては茶色に着色するものもあ り、変退色は複雑な変化をたどる。変退色の様子を示す例として、赤系と青 系の色について示す(図3)。赤系の色では、I-5、I-7、IV-4、V-1以外は表 側が裏側より赤味と黄味が強くなる方向へ変わっている。一方、I-5、I-7、IV-4、 V-1は赤味が褪せて薄くなっている。青系の色では、VIII-1、VIII-3以外は表側 は裏側より赤味も黄味も強くなっているが、とくに黄味が強くなっている。

目視では絹糸の薄い色に特に変退色が大きいと感じられたが、測色結果 では絹7試料のうち $\Delta E^*_{ab} = 5.0$ 未満が2試料、5.0-10未満が5試料なので、 29試料のうち約半数が $\Delta E^*_{ab} = 10$ 以上である毛に比べて絹の変退色が大き いとはいえなかった。したがって、視覚的には大きく変退色していると感じ られた絹の色は、元から薄い色味だったことが測色によって判明した。

図 3-1 赤系の色相の変化

図 3-2 青系の色相の変化

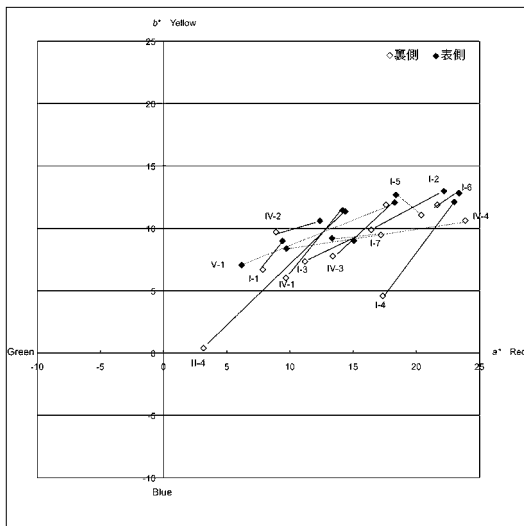


図 3-1

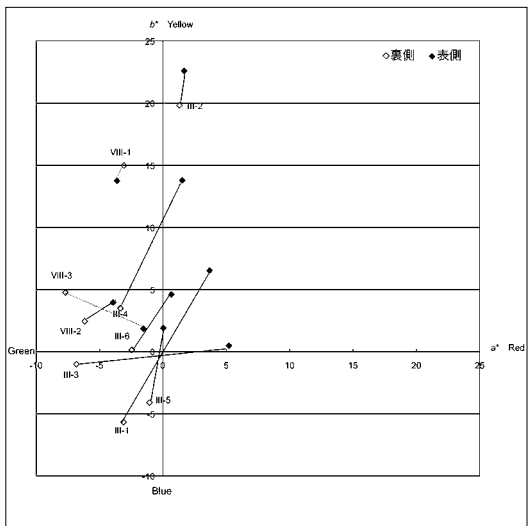


図 3-2

3. 繊維素材の同定

3-1. 方法

タピスリー裏側から採取した糸から1、2本の単繊維を取り出し、日本電子デー タム社製JSM-5800LV型走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて繊維の側面 形状を観察、繊維の直径を測定した。カーボン製試料台にカーボンテープで 試料を貼り付け、カーボン蒸着した後に加速電圧5-10kV、40Paで観察した。

3-2. 結果と考察

採取箇所別の繊維の種類と直径を表2に、試料BRW-3、OW-2、RW-3、PKS-1、GS-2の電子顕微鏡写真を図4、5に示す。緯糸37試料のうち、毛が29試料、絹が7試料、毛と絹が混じった試料が1試料であった。緯糸に使用されていた毛は採取箇所により太さが異なり、直径約15 μ mのものから80 μ mのものまでであったが、21-40 μ mの試料が全体の約75%を占めていた(各試料の上限の直径で区分けしている)。採取した毛を劣化していない羊毛の標準試料^[8]と比較してみると、後者は鱗片細胞(スケール)が緻密に並んでいるのに対し、採取した試料には、1)スケールは残っているがその先端部が開いて欠け落ちているもの(図4-1)、2)さらに劣化が進み、多くのスケールが剥がれ落ちてほとんど残っておらず表面が磨耗しているもの(図4-2、4-3)が認められた。スケールが残っている試料は標準試料と照合して、スケールの間隔が均一であることと、クリンプが認められること、繊維の直径から、羊毛と同定した。

絹はどの箇所から採取した試料でも単繊維の直径は10-20 μ mと均一であった。採取した絹糸を劣化していない精練済み絹の標準試料^[9]と比較すると、後者は表面が平滑で柔軟性のある繊維であるのに対し、採取した試料の表面にはおびただしい付着物があり(図5-1)、繊維が裂けたり切断したりしている(図5-2、5-3)ことから、繊維の弾力性が失われ劣化が進行していることがわかった。このことは目視による観察からも確認されている。

経糸は羊毛で直径30-40 μ m、スリットをつなぐための縫い糸は麻で直径15-20 μ mであった。

表2 繊維の種類と直径

図4-1 試料BRW-3のSEM写真。羊毛(スケールの先端部が欠け落ちている)

図4-2 試料OW-2のSEM写真。羊毛(スケールが剥がれてめくれいている)

図4-3 試料RW-3のSEM写真。羊毛(スケールがほとんど残っていない)

図5-1 試料PKS-1のSEM写真。絹(表面に付着物がある)

図5-2 試料GS-2のSEM写真。絹(繊維が縦に裂けている)

図5-3 試料GS-2のSEM写真。絹(繊維が切断している)

表2

糸	色	試料番号	繊維の種類	直径(μ m)	
赤系		RW-1	羊毛	50	
		RW-2	羊毛	22~28	
		RW-3	羊毛	23~30	
		RW-4	羊毛	25	
		RW-5	羊毛	22~30	
		RW-8	羊毛	25~35	
		RW-9	羊毛	15~20	
		RW-10	羊毛	40	
		RW-11	羊毛	20~30	
		RW-12	羊毛	23~25	
		ピンク系	PKS-1	絹	10~15
		紫系		PRW-1	羊毛
PRW-2	羊毛			25~30	
青系		BW-1	羊毛	20	
		BW-2	羊毛	35~40	
		BW-3	羊毛	30~40	
		BW-5	羊毛	25~30	
		BW-6	羊毛	35	
		BW-7	羊毛	25~30	
		BS-1	絹	10~12	
		BS-2	絹	10~12	
オレンジ系		OW-1	羊毛	35~45	
		OW-2	羊毛	20~30	
茶系		BRW-1	羊毛	25~30	
		BRW-2	羊毛	50~65	
		BRW-3	羊毛	25	
		BRW-4	羊毛	30~40	
		BRW-5	羊毛	20~30	
		BRS-1	絹	13~16	
緑系		BRS-2	絹	10	
緑系		GW-1	羊毛	40~50	
		GW-2	羊毛	30~45	
		GW-3	羊毛	35~40	
		GW-4	羊毛	40~80	
		GS-1	絹、羊毛	10~15	
		GS-2	絹	10	
		GS-3	絹	10~20	
経糸	warp	羊毛	30~40		
縫い糸		Slit-1	麻	15~20	
		Slit-2	麻	15~20	

図4-1



図5-1

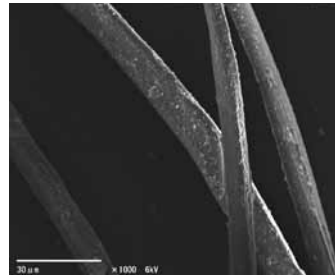


図4-2

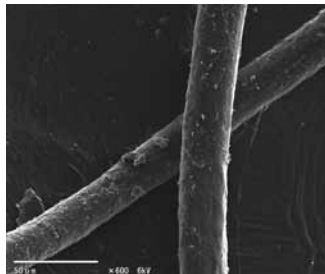


図5-2

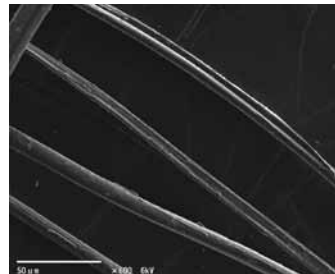


図4-3

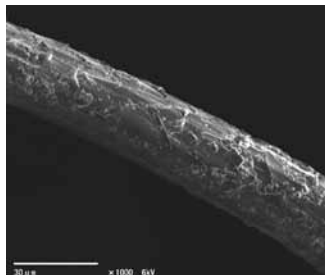
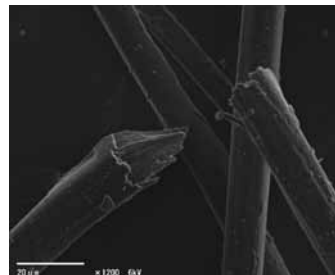


図5-3



4. 媒染剤の同定

媒染剤とは染色の際に用いられる金属イオンのことで、染料を繊維に結合させるためや、繊維にさまざまな色味を与えるために使用される。同じ染料を使っても異なる媒染剤を用いれば異なる色相の布が染め上がる。媒染剤としては、明礬、植物灰、泥などが昔から用いられてきた。媒染剤を同定することは、染色技法の解明の見地から重要であるだけでなく、媒染剤に含まれる金属イオンが繊維製品の劣化や変退色に深く関係しているといわれており^[10]、作品の保存管理・修復方法を検討する上でも欠かせない情報となるものである。

これまで媒染剤の同定には、原子吸光分析法 (AAS)^[11]、誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS)^{[12][13]}、蛍光X線分析法 (XRF)^[14]、SEM 付属のエネルギー分散型蛍光X線分析装置 (SEM-EDX) を使用した方法^[15]などが用いられてきた。齊藤は、絹と綿の布について、純度の高いアルミニウム (Al) および鉄 (Fe) 試薬を媒染剤として一般的な染色法 (染色を3回、媒染を2回) で染色した場合、どの程度の Al および Fe が布上に付着するのかを調べている。この布の Al、Fe の付着量を誘導結合プラズマ発光分析法 (ICP-AES) によって定量し、XRF から得られる布表面の Al、Fe の cps 強度との間に相関関係が認められるので、破壊法である ICP-AES を用いなくても非破壊法である XRF^[16] を用いることによって布上の媒染剤量を推定できることを示した^[17]。そして実際にこの方法を応用して、採取する試料量がより少なくて済む SEM-EDX を用いて、タピスリーの布上の媒染剤量を推定している^[18]。本研究では、この手法を使ってタピスリー作品の媒染剤の同定を試みた。この方法は、繊維の同定と劣化状態の観察のために SEM を使う際に、同時に付属の EDX で元素の分析ができる点でも有用であった。

4-1. 方法

分析は、タピスリーの裏側から採取した長さ約 5-8mm、太さ 0.5-1mm の糸をカーボン製試料台にカーボンテープを貼って載せ^[19]、SEM (繊維の同定に使用したものに同じ) の試料台に挿入し、まず観察を行った後、付属するエダックス社製エネルギー分散型 X 線分析装置 DX4I を用いて分析した。分析条件を以下に示す。

加速電圧 20kV、40Pa、無蒸着。倍率：100 倍

電子線入射角度：90°、X 線取り出し角度：35°、WD10mm

検出器：Si 半導体検出器、測定時間：200 秒

測定は、齊藤の標準試料^[20] 8 点 (表 3) とタピスリー試料 35 点 (表 4) について行った。測定回数は、標準試料は測定位置を変えて 3 回以上、タピスリー試料は測定位置を変えて 2 回以上とした。

4-2. 結果と考察

測定結果を表 3、表 4 に示す。表 3 から、Al の X 線強度が 8.0 cps 以上の試料では少なくとも 1 回は Al 媒染剤が、Fe 強度が 9.5 cps 以上の試料では Fe 媒染剤がなされていると判断できる。全体的に X 線強度が低めであったが、これ

は試料のチャージアップのために低真空状態で分析せざるを得なかったこと^[21]、分析機器の性能により試料倍率を100倍以下に下げることができなかったためX線を検出する試料範囲が小さくなっているためと考えられる。

すべてのタピスリー試料から、Al、ケイ素 (Si)、硫黄 (S) が、BRW-3を除くすべての試料からカルシウム (Ca) が検出された。このうち、Sは毛や絹に含まれる蛋白質のアミノ酸に由来するものである^[22]。Siは明礬、植物灰、泥土などの媒染剤に由来する成分^[23]、あるいは試料についていた埃などに由来するコンタミネーションと考えられる。Caは明礬、植物灰などの媒染剤に由来する成分^[24]、もしくは糸の洗浄、媒染、染色の際に使用されたヨーロッパの硬質水に由来する可能性が大きい。Ca付着量が少ない試料はAl付着量も低い傾向が認められたこと (RW-3、BW-5、BW-7、OW-1、BRW-3、BRW-5)も、これを支持する。つまり、媒染や染色の回数が少ないと洗浄の回数も少ないので、媒染剤に由来するAl付着量とともに水に由来するCaの付着量も少なくなると考えられる。

緯糸でAl媒染と判断できるのは12試料、Fe媒染と判断できるのは1試料であった。経糸は、Al媒染と判断できた。ただし、糸の繊維がまばらな試料ではX線強度が低くなることや、糸の染色過程での洗浄や糸の劣化によって糸に付着している媒染剤量は低下していくと予想されることから、また、糸の

試料	精練	媒染	媒染剤付着量 ^(注1) (mg/布0.1g)		X線強度(cps)	
			Al	Fe	Al	Fe
S1	なし	なし	0.1	0	1.65	-
S2	あり		0.1	0	1.85	-
S1HeAl1	なし	Al	3.4	0	27.83	-
S2HeAl1	あり		2.5	0	16.54	-
S2Al3	あり		1.2	0	7.98	-
S1HeFe1	なし	Fe	0	5.8	1.54	35.16
S1Fe3	なし		0	3.4	1.38	20.28
S2Fe2	あり		0	2.5	3.19	9.54

表3 媒染剤同定のための標準試料のAl、Fe付着量とX線強度

注1)ICP-AESIによる測定値(文献9)

色	試料番号	検出元素(cps)					
		Al	Si	S	K	Ca	Fe
赤系	RW-1	4.64	7.36	90.93		14.98	
	RW-3	4.51	7.72	135.70		4.80	
	RW-4	3.65	8.05	70.05	1.71	13.33	
	RW-8	4.25	7.81	91.54	5.31	11.43	
	RW-9	7.77	9.78	138.43		24.87	
	RW-10	5.96	8.66	121.76		24.70	
	RW-11	8.28	11.01	142.61	4.24	32.82	
	RW-12	7.16	7.15	101.66		15.61	
	PKS-1	8.37	10.98	26.01		26.54	
	PRW-1	12.51	9.31	141.94	2.05	19.51	
	PRW-2	10.18	10.57	161.48	4.38	21.51	
	青系	BW-1	5.94	9.69	158.58	4.97	23.25
BW-5		2.62	5.05	149.07	0.63	4.42	
BW-6		12.87	19.37	123.87	2.16	13.25	
BW-7		5.13	8.03	115.43	2.29	4.25	
BS-1		3.56	9.82	23.48		22.63	
BS-2		5.58	10.53	21.50	3.97	17.63	
OW-1		3.82	7.53	140.67	0.24	0.26	
OW-2		8.59	9.01	132.64	5.10	15.05	
茶系	BRW-1	8.46	11.19	71.94	2.03	17.30	
	BRW-2	6.97	11.49	100.97		41.78	9.52
	BRW-3	2.68	7.03	136.47			
	BRW-4	8.82	9.60	153.75		18.09	
	BRW-5	3.84	8.20	189.39		4.40	
	BRS-1	5.89	9.27	29.61		33.51	
	BRS-2	9.96	9.55	23.41	2.99	24.85	
	緑系	GW-2	10.22	10.50	137.04	2.70	17.78
GW-3		10.20	9.65	160.10		18.13	
GW-4		11.37	10.05	142.41	5.24	18.83	
GS-1		6.38	11.13	27.95		23.64	
GS-2		6.53	9.77	24.42		19.60	
GS-3		3.89	9.23	28.92	5.04	11.48	
warp		9.45	15.52	197.53	5.43	21.46	
Slit-1		3.12	8.78	28.00		25.43	
Slit-2		4.35	8.35	17.48	6.25	13.53	

表4 染色糸から検出された元素とX線強度

太字斜体: 媒染剤としてAl、Feを使用していると判断されるもの

色相と染料との照合から、ほとんどの試料がAl媒染されたと推定した。染色されていない経糸にもAlが検出されたことから、初めにすべての糸を明礬で処理した可能性が考えられる。

Fe媒染と判断されたのは茶系1試料のみで、他の試料からはFeは検出されなかった。黒や茶色の糸はFe媒染されていることが多く、Feイオンは布の劣化を促進すると言われている。本作品ではFe媒染された糸を使用している箇所が少ないことが、黒や茶色の糸でも保存状態がよいことと関係していると考えられる。

5. おわりに

本作品の科学分析は、ここに示した測色、糸・媒染剤の同定のほかに、共立女子大学・齊藤昌子教授が染料分析を行った(齊藤稿参照)。修復を担当した染色保存修復技術者・石井美恵氏および女子美術大学美術館・深津裕子氏と、科学分析を担当した筆者および齊藤教授が話し合いを重ねることで適切な科学分析を行うことができ、分析結果を材料・技法上の考察や、他のタピスリーとの比較にまで発展させることができた(深津、齊藤稿参照)。作品の科学分析は、特に試料採取を伴うときに問題視されたり否定される傾向があるが、分析の方法やその成果を公表することで、美術館内外の方々の理解を得ていきたい。

謝辞

本研究を行うにあたりご指導いただいた共立女子大学・齊藤昌子教授に深謝いたします。また、助言をいただきました染色保存修復技術者・石井美恵氏、女子美術大学美術館・深津裕子氏、東京芸術大学・桐野文良教授、共立女子大学・中村弥生氏に感謝するとともに、本タピスリー修復の際に科学的分析の機会を与えてくれた国立西洋美術館・河口公男氏に深謝いたします。

[1] 修復前の寸法。修復後は340×435cm。

[2] 『織りだされた絵画:国立西洋美術館17-18世紀タピスリー』、高橋明也編、国立西洋美術館、2003、pp.36-40。

[3] CIE (Commission Internationale de l'Éclairage:国際照明委員会)。

[4] AATCC規格(American Association of Textile Chemists and Colorists:米国繊維化学技術・染色技術協会)。

[5] 毛試料は齊藤昌子染色布、絹試料は吉岡常雄著『日本の色 植物染料のはなし』(紫叢社昭和58)に添付の植物染料見本裂Iの染色絹布。

[6] 『博物館展示物の光放射による損傷の抑制』(CIE 157:2004の日本語訳)、社団法人日本照明委員会編、JCIE翻訳出版、No. 14、2005、p.26(「3.博物館照明に関する推奨」表3.3の註b)。

[7] ASTM (American Society for Testing and Materials:米国試験材料協会)。ASTM (1953): Method E 97-53T。

[8] 染色堅ろう度試験用添付白布、毛(JIS L0803:2005 準拠)。

[9] 湧井麻衣子、谷田貝麻美子、小原奈津子、佐野千絵、生野晴美、馬越芳子、齊藤昌子、「天然染料染色布上の媒染剤量のICP-AES並びに蛍光X線による分析」、『文化財保存修復学会誌』、45、2001、pp.12-26。

[10] M. Yatagai, Y. Magoshi, M. A. Becker, C. Sano, H. Ikuno, N. Kohara, M. Saito, "Degradation and Color Fading of Silk Fabrics Dyed with Natural Dyes and Mordants", *Historic Textiles, Papers, and Polymers in Museums*, J. M. Cardamone, M. T. Baker (eds.), ACS Symposium Series, 779, 2001, p.86.

[11] C. Tonini, "Atomic absorption spectrophotometry in the textile chemistry laboratory", *Tinctoria*, 75, 1978, pp.160-162.

[12] L. Dussubieux, M. Ballard, "Using ICP-MS to detect inorganic elements in organic materials: a new tool to identify mordant or dyes on ancient textiles", *Materials Issues in Art and Archaeology VII*, P. B. Vandiver et al. (eds.), Warrendale, PA: Materials Research Society, 2005, pp.291-296.

[13] L. Dussubieux, D. Naedel, R. Cunningham, H. Alden, M. Ballard, "Accuracy, precision and investigation: mordant analysis on antique textile by various methods", *14th Triennial Meeting, Hague 12-16, September, 2005*, ICOM committee for Conservation, 2005, pp.898-903.

[14] L. Masschelein-Kleiner, L. R. J. Maes, "Ancient dyeing technique in eastern Mediterranean regions", *5th Triennial Meeting, Zagreb, 1-8, October, 1978*, ICOM committee for Conservation, 1978, pp.78/9/3/1-78/9/3/10.

[15] R.J.Koestler, R. Sheryll, N.Indictor, "Identification of Dyeing mordants and related substances on textile fibers: A preliminary study using energy dispersive X-ray spectrometry", *Studies in Conservation*, 30, 1985, pp.58-62.

[16] どちらの方法でも微量の試料採取は必要だが、ICP-AESでは分析により試料が破壊されるのに対し、XRFでは分析後も試料が手元に残る。

[17] 前掲書(註9)。

[18] 齊藤昌子、「『ヨセフ物語』タベストリーの繊維、染料、媒染剤の科学分析」、『タベストリーの保存研究—石橋財団所蔵『ヨセフ物語』』、タベストリー保存研究プロジェクト実行委員会、中央公論美術出版、2008、pp.46-50。

[19] 試料は繊維に撚りをかけて糸状にしたものであるので、できるだけ繊維の束を広げて貼り付けた。これは、カーボンテープに試料が貼り付いていない部分でチャージアップが増大することを避けるためである。

[20] 前掲書(註9)。

[21] 試料をカーボン蒸着するか、カーボンペーストで試料台に固定すれば高真空中で測定することが可能かもしれないが、このような処理は採取できる試料量が限られている文化財資料にはふさわしくないと考え、避けた。

[22] 前掲書(註15)。

[23] 齊藤昌子、上原瑞穂、「染色用媒染剤の成分について—明礬、植物灰、泥および Djirak」、『共立女子大学家政学部紀要』、51、2005、p.36。

[24] 同上。

During conservation work on the tapestry *Le Château de Chambord: le Mois de Septembre* (inv. OA. 1977-0001, 325 cm x 427 cm, dated pre-1712), color measurements, fiber identification and mordant identification were carried out on the work.

Color measurements were taken in 45 locations using a chroma meter. These measurements revealed that the red color on the reverse of the tapestry was quite bluish in tone and is a color close to fabric dyed with a cochineal mordanted with A1. The color change (ΔE^*_{ab}) between obverse and reverse, with the exception of one area of black thread, is greater than $\Delta E^*_{ab} = 1.6$, with three locations at more than $\Delta E^*_{ab} = 20$, thus providing a scientific confirmation of the considerable amount of color change and fading on the obverse surface. To the naked eye it seems that color change and fading is more pronounced in the pale colored silk fibers than in other colored silk fibers or all colored wool fibers, but color measurement revealed that these colors were originally pale in tone.

Fibers were identified with the scanning electron microscope (SEM), and of the 37 sample weft threads, 29 were identified as wool and 7 as silk, with one sample a blend of silk and wool. The wool fibers were various in diameter, but approximately 75 percent of the wool fiber samples measured 21 to 40 μm in diameter, with the scale tips missing or the scale falling off due to aging. The silk fibers were uniformly 10 to 20 μm in diameter, with some fibers tearing or snapping, revealing that they had lost some degree of elasticity. The warp threads are wool fiber with diameters of 30 to 40 μm and the yarns used for closing slit were linen and 15 to 20 μm in diameter.

Mordants were identified using SEM with energy-dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDX). Of the 35 samples taken, the possibility that A1 was used as mordant was high in 12 samples of weft thread, and one sample of warp thread. However, the collation of fiber hue and results of dye analysis determined that the majority of samples were mordanted with A1. Given that A1 was found even in the undyed warp threads, it may indicate that all of the threads were pre-mordanted with alum (potassium aluminum sulphate). Only one sample of brown weft thread was determined to have been mordanted with iron. The fact that iron-mordanted threads were only rarely used is thought to be related to the overall good state of preservation of the black and brown threads in the tapestry.