

京都大学総合博物館所蔵コプト織物の調査：分光法による染料分析

横山 操¹⁾・中村 力也²⁾・成瀬 正和²⁾・村上 由美子³⁾・
東村 純子⁴⁾・遠藤 利恵⁵⁾・泉 拓良⁶⁾

●キーワード：コプト織物 (Coptic textiles), 天然染料 (natural dye), 貝紫 (shell purple), ラック (lac),
可視分光分析 (visible spectrometry), 蛍光分光分析 (fluorescence spectrometry),
蛍光 X 線分析 (X-ray fluorescence spectrometry)

1. はじめに

京都大学総合博物館にはコプト織物（注釈 1）が所蔵されている。それらは、京都大学文学部考古学研究室の初代教授・濱田耕作が 1916 年のイギリス留学帰国時に持ち帰った資料（博物館登録番号 [1126・織物断片]、出土地不明）と、1922 年に英国エジプト考古学研究所より寄贈されたオクシリンコス遺跡出土品（京都大学総合博物館登録番号 [2162・コプト時代刺繍]）とに大別できる（注釈 2）。今回、これらの資料から 10 点を選び、用いられた天然染料について、分光法を主体とする非破壊分析を行った。

オクシリンコスは、ナイル川支流のファイユーム地帯へと連なる運河に面した町である。グレコ・ローマン時代には、ギリシア人などが居住するエジプト第三の規模を誇る町として栄えた。オクシリンコスという名は、冥界の王であるオシリス神の傷口から生まれたとされる聖魚から採られており、地域における行政の中心地としてだけでなく、宗教的にも重要な都市であった。1896 年

に始まるオクシリンコス遺跡の発掘では、オックスフォード大学のバーナード・グレンフェルとアーサー・ハントにより、50 万点に及ぶパピルス文書や未知の福音書が発見されたことでも知られている。

20 世紀初めに収集されたコプト織物のうち出土地が判明するものはごく限られているため、後者の資料（博物館登録番号 [2162]）は貴重な一例である。これらは廃棄遺構からの出土と想定されており、エジプトの中核的な都市における高度かつ高価な織物であると位置づけられる。641 年のアラブ人によるエジプト侵略により、都市の生活水路であった運河とともに、オクシリンコスは破壊されることになった。そのため、水路が干上がることにより地下水位も下がり、オクシリンコスの西側地区に広がる砂漠地帯のごみ捨て場は、1000 年以上も砂に埋没し乾燥状態が保たれることになった。加えて、オクシリンコスはナイル川畔ではないため、毎年のナイル川の氾濫による洪水に見舞われることがなかったことも幸いし、残存状態が非常に良好なパピルスやコプト織物をはじめとする有機遺物が発掘されている。

¹⁾ 京都大学大学院 農学研究科 〒606-8502 京都府京都市左京区北白川追分町

²⁾ 宮内庁 正倉院事務所 〒630-8211 奈良県奈良市雑司町 129

³⁾ 京都大学 総合博物館 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町

⁴⁾ 福井大学 教育地域科学部 〒910-8507 福井県福井市文京 3 丁目 9 番 1 号

⁵⁾ 京都大学 生存圏研究所 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄

⁶⁾ 京都大学大学院 文学研究科 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町

コプト織物は、染色した緯で文様を織り出す場合が多いが、これらの文様を構成する豊かな色彩が、コプト織物のひとつの重要な特徴である（Carroll：1988, Cortopasi：2007）。この文様部分は、経は亜麻、緯は獣毛という組み合わせが多く、麻の平織の地に、染色した毛糸で綴織による文様が織り出される。これまで、コプト織物に用いられた代表的な染料については、赤色系統の染料としては、ベニバナ、アカネ、ラック、黄色系統の染料としては、サフラン、ウェルド、ゲレップ、また、青・紫系統の染料としては、ウォードなどのインジゴを主成分とする染料、および貝紫が知られている（明石：1956, Stoyanova：2008）。これらの染料についての従来の報告の多くは、目視観察に基づく推定にとどまることが多かったが、近年では、種々の自然科学的なアプローチによる織物調査もなされている（Wouters：1985, Orska-Gawrys et al.：2003, Trojanowicz et al.：2004）。日本においても、奈良公園シルクロード記念館が所有するコプト織物の染料に関する報告がある（佐々木ら：2007）。近年では、染織品の染料分析について、微量な試料による HPLC や質量分析などの適用例（Wouters：1985, 林ら：2001, 佐々木・佐々木：2009）が報告される一方、非破壊手法による分光分析も盛んである（Leona and Winter：2001, 佐々木ら：2001, Nakamura et al.：2009, 吉田：2011）。本研究では、資料の制約上、非破壊分析が必須条件であったため、光ファイバースコープを用いた反射分光法を主体とする染料分析を行った。

2. 調査・分析方法

2.1 資料

今回の調査は、赤色系統の染料、青色・紫色系統の染料の同定を目的として、濱田耕作持ち帰り資料3点（登録番号〔1126〕6～8）、英国エジプト考古学研究所寄贈オクシリシコス遺跡出土資料7点（登録番号〔2162〕1～7）の計10点を供した。

発掘後、博物館に保管されている今日まで、これらの織物片について洗浄や修理を行った履歴は認められていない。また、一連の資料は、文学部陳列館の時代（1911年～1985年）に収蔵・展示されており、その表面は裏面よりも褪色が認められた。そのため、可視分光分析お

よび三次元蛍光分光分析においては、褪色程度の小さい（すなわちより鮮明な）裏面について、測定を行った。

本調査において分光分析に供した資料を図に示す（図1〔1126〕、図2〔2162〕）。それぞれの試料の特徴は以下の通りである。

1126-6（図1 左）は、赤、淡赤、黄、黄緑、青、淡青、白の7色からなる蕾文である。蕾文は青い帯で区切られた3つの花卉部分からなり、赤と淡赤、黄と黄緑、白と淡青色を組み合わせる。経は、S撚りの麻糸で、文様部分で2本を引きそろえる。緯は白色の糸に麻が、白以外の色糸に獣毛が用いられ、すべてS撚りである。資料寸法は、縦6.0cm×横7.2cm。

1126-7（図1 中央）は、赤、淡赤、黄、青、淡青、白の6色からなる幾何学花文様である。花芯部分は赤、淡赤、白の色糸の濃淡により、その文様が立体的に際立つ。経は、S撚りの麻糸で、文様部分で2本を引きそろえる。緯は、白色の糸が麻、白以外の色糸が獣毛で、すべてS撚りである。資料寸法は、縦5.9cm×横7.2cm。

1126-8（図1 右）は、貫頭衣の袖口部分で、黄色の地から紫と淡黄色の緯で葡萄蔓文が織りだされている。一連の資料のうち、本試料のみ経に麻ではなく獣毛が用いられている。紫および淡黄色の緯も獣毛で、経緯ともすべてS撚りである。資料寸法は、縦8.8cm×横17.5cm。

2162-1（図2 上段 左）は、貫頭衣の肩縦飾りの一部である。赤、濃青、黄緑、黄、白の5色からなり、麻の平織の地から濃青色を基調に人物や花卉文が織り出される。経は麻のS撚り単糸で、文様部分で2本引きそろえる。緯は、白色の糸が麻、白以外の色糸が獣毛で、すべてS撚りである。資料寸法は、縦2.5cm×横30.5cm。

2162-2（図2 上段 右）は、貫頭衣の肩縦飾りの一部で、濃赤、緑、黒褐色、黄褐色の4色で花卉文が織りだされている。濃赤を基調色とする文様部分の花卉文は黄褐色の麻糸の細い線で表現されている。経は、麻のS撚り単糸をZ撚りにした双糸である。緯は、黄褐色の麻以外は獣毛で、すべてS撚りである。資料寸法は、縦4.7cm×横12.4cm。

2162-3（図2 中段 中央下）は、赤、黄、緑、淡緑、淡青、白の6色からなる花葉文である。葉部分は、緑と

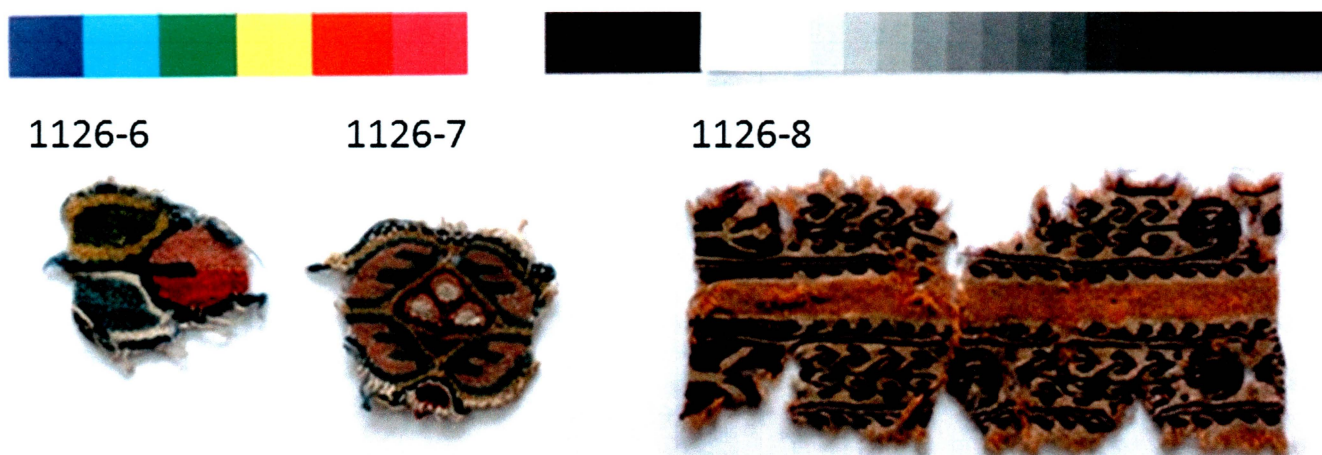


図1 京都大学総合博物館所蔵 コプト織物 登録番号 [1126] 6, 7, 8
 Fig. 1 Coptic textiles stored in the Kyoto University Museum:
 serial number [1126] 6, 7, 8



図2 京都大学総合博物館所蔵 コプト織物 登録番号 [2162] 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
 Fig. 2 Coptic textiles stored in the Kyoto University Museum:
 serial number [2162] 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

表1 資料 京都大学総合博物館所蔵 コプト織物
Table 1 Coptic textiles stored in the Kyoto University Museum

試料番号	文様	経糸			緯糸			備考
		素材	撚り*	色調	素材	撚り*	色調	
1126-6	蕾文	亜麻	S2	白	亜麻 獣毛	S S	白 赤 淡赤 黄 黄緑 靑 淡靑	
1126-7	幾何学花文	亜麻	S2	白	亜麻 獣毛	S S	白 赤 淡赤 黄 靑 淡靑	
1126-8	葡萄蔓文	獣毛	S	黄	獣毛	S	紫 淡黄	貫頭衣の袖口
2162-1	人物・花卉文	亜麻	S	白	亜麻 獣毛	S S	白 赤 靑 黄緑 黄	貫頭衣の肩縦飾り
2162-2	花卉文	亜麻	Z(S2)	黄褐	亜麻 獣毛	S S	黄褐 赤 緑 黒褐	貫頭衣の肩縦飾り
2162-3	花葉文	亜麻	S2	白	亜麻 獣毛	S S	白 赤 黄 緑 淡緑 淡靑	
2162-4	幾何学花文	亜麻	S2	白	亜麻 獣毛	S S	白 赤 濃青 濃緑 緑 淡黄	
2162-5	組紐文	亜麻	S	白	亜麻 獣毛	S S	白 紫	貫頭衣の肩縦飾り
2162-6 表	組紐文	亜麻	Z(S2)	白	亜麻 獣毛	S S, Z	白 濃靑 濃紺	貫頭衣の袖口
2162-6 裏	—	亜麻	S	白	亜麻	S	白	後補布
2162-7	花文・果物籠文	亜麻	S	白	亜麻 獣毛	S S	白 赤 濃青 靑 緑 黄	肩掛け

* SはS撚り単糸、ZはZ撚り単糸、S2はS撚りの単糸2本引きそろえ、Z(S2)はS撚り2本をZ撚りにした双糸を指す
* 下線は供試色系を指す

淡緑を交互に配し、葉脈を黄色で示している。中央に、赤、黄、淡青と白からなる花文が配されている。経はS撚りの麻糸で、文様部分で2本引きそろえる。緯は白色の糸が麻、白以外の色系は獣毛で、すべてS撚りである。資料寸法は、縦7.2cm×横11.3cm。

2162-4(図2 中段 右)は、赤、濃青、濃緑、淡黄、白の6色からなる幾何学花文である。花芯部分が小さく、文様の形骸化が進んでいる。経は、S撚りの麻糸で、文様部分で2本引きそろえる。緯は、白色の糸は麻、白以外の色系は獣毛で、すべてS撚りである。資料寸法は、縦12.3cm×横9.8cm。

2162-5(図2 中段 中央下)は、貫頭衣の肩縦飾りの一部で、文様は紫と白の2色からなる組紐文である。紫の緯で綴織の地をつくりながら、細い麻糸を用いて浮織により文様を織りだす。経は、麻のS撚りで、文様部分では2～3本引きそろえる。文様の緯の白色の糸は麻、紫の色系は獣毛で、S撚りである。資料寸法は、縦4.2cm×横8.8cm。

2162-6(図2 下段 右)は、文様構成と経の方向から、貫頭衣の袖口部分と推定できる。白、濃青、濃紺の

色系で組紐文が織り出された綴織の布で、その背面に無地の平織布が綴じつけられている。綴織部分は、濃青と濃紺の緯を交互に帯状に織り込みながら、細い麻糸で浮織により組紐文をあらわしている。経は、麻のS撚り単糸2本をZ撚りした双糸である。緯は、白は麻のS撚り単糸、濃青と濃紺の色系は獣毛で、濃青はS撚り、濃紺はZ撚りである。無地の平織の布は、経緯とも麻のS撚り単糸である。資料寸法は、縦9.9cm×横22.5cm。

2162-7(図2 中～下段 左)は、平織の地から花文と果物籠文が織り込まれた肩掛けの一部で、文様部分に赤、濃青、青、緑、黄、白の6色が用いられている。経は麻のS撚り単糸で、文様部分で2～3本引きそろえる。緯は、白色の糸は麻、白以外の色系は獣毛で、すべてS撚りである。資料寸法は、縦19.4cm×横25.0cm。

表1には、各資料について以上の特徴をまとめた。なお、ここでは、経糸および緯糸の繊維素材は肉眼観察に基づき、麻(亜麻)あるいは獣毛として記述している。

コプト織物は、エジプト王朝時代より伝統的に栽培されてきた亜麻(*Linum usitatissimum*. L.)を用いた無

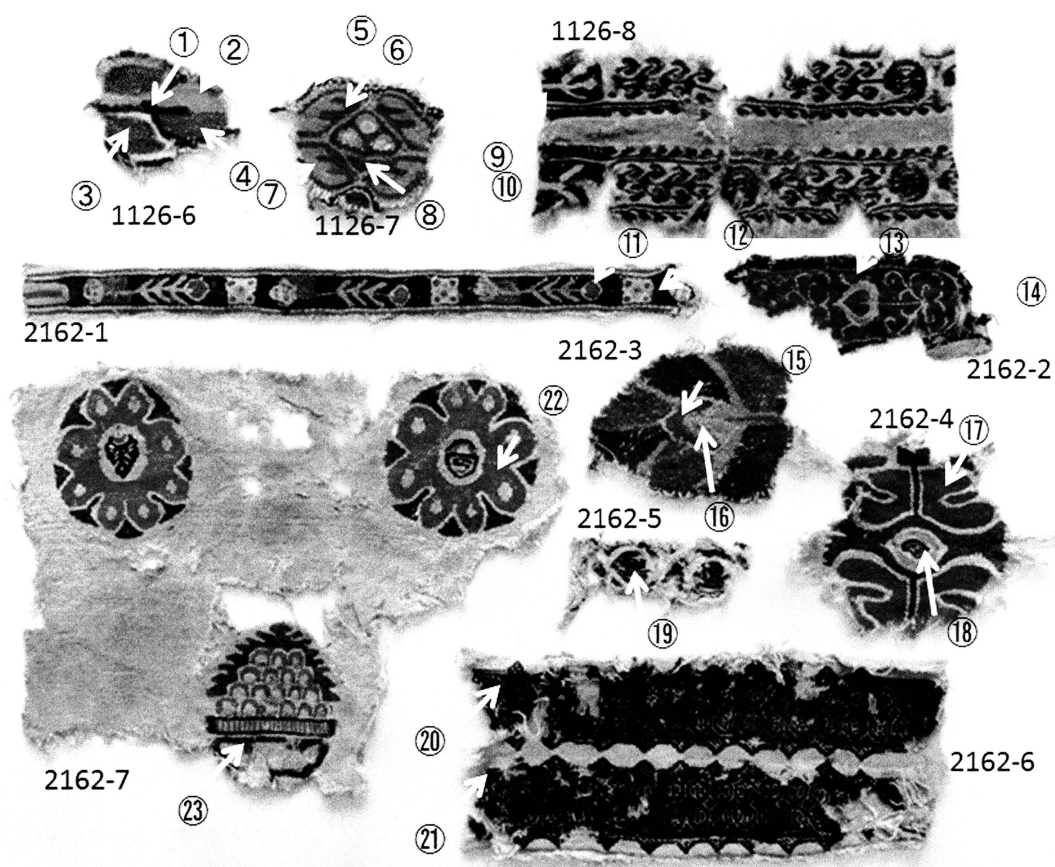


図3 資料の分析箇所
Fig. 3 Measurement points of each Coptic textiles samples

装飾な布から、紫に白線の組み合わせ、次いで多彩色の文様の織り出しという変遷が指摘されている（梶谷：1988）。今回調査を行った資料については、大別すると、グレコ・ローマン期（前 332～後 395）、ビザンティン期（前 395～641）、イスラム期（642～1250）の三期にわたると考えられ、それぞれの文様の特徴から、2162-6、2162-5 はグレコ・ローマン期、1126-8、2162-1、1126-6、1126-7、2162-7、2162-3、2162-4 はビザンティン期、2162-2 はイスラム期にそれぞれ対応する（注釈 3）。

2.2 標準試料

比較のために、西洋アカネ、ラック、インジゴ、貝紫それぞれの標準試料を調製した。西洋アカネ、ラックの標準試料は、それぞれ明礬および椿灰汁で先媒染したウールを用い、80℃で、20 分間染色することにより調製した。インジゴの染色には、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ による還元溶液を用いた。貝紫については、アクギガイ科イボニシ（*Thais* (*Reishia*) *clavigera*）、ムーレックス貝（*Murex*

trunculus または *Murex brandaris*）を用いて木綿、ウールそれぞれに染色したものを、それぞれ標準試料 A、B とした。

2.3 分析方法

今回の調査は、展示を目的とした研究の一環として行ったため、非破壊分析を原則とした。したがって、分光法を主体とする染料分析手法を採用し、可視分光分析ならびに三次元蛍光分光分析、また、一部資料を対象として蛍光 X 線分析を行った（図 3）。それぞれの測定装置ならびに測定条件は以下の通りである。

2.3.1 可視分光分析

装置：USB4000（オーシャンフォトニクス株式会社）
光源：ハロゲン・ランプ、スリット幅：25 mm、測定波長範囲：380～700 nm、バンド幅：2.5 nm、光ファイバー直径：1.5 mm、測定距離：5 mm、測定角度：45°

2.3.2 三次元蛍光分光分析

装置：蛍光分光光度計 FluoroMax-3（（株）堀場製作

所社製）光源：キセノン・ランプ，スキャン速度：10 nm/sec，スリット幅（励起）：5.0 nm，スリット幅（蛍光）：3.0 nm，測定波長範囲（励起）：300～600 nm，ステップ数（励起）：13 nm，測定波長範囲（蛍光）：350～700 nm，ステップ数（蛍光）：1.0 nm，光ファイバー直径：5.0 mm，測定距離：5 mm

2.3.3 蛍光 X 線分析

装置：（株）フィリップス社 X 線回折装置 X'Pert Pro MRD 全自動粉末 X 線回折装置の文化財用改造仕様（株）EDAX 社製半導体検出器を付属させ，エネルギー分散型蛍光 X 線装置の機能を持たせた装置を使用した。

X 線対陰極：クロム（ラインフォーカス），フィルター：バナジウム，光学系：平行ビーム方式，X 線源－試料間距離：25 mm，印加電圧：40 kV，印加電流：10 mA，X 線照射角：110°，ライブタイム：200 sec

3. 結果

以下に赤色染料，青色・紫色染料それぞれについて得られた結果について述べる。本調査において，赤色系統の染料としては，アカネおよびラック（2162-2）を確認した。また，青色・紫色系統の染料としては，ウォードなどのインジゴを主成分とする染料および貝紫（1126-

8）を確認した。また，紫色部分にはインジゴとアカネで染めた糸を用いた例（2162-5）も見つかった。本調査では，黄色部分や緑色部分に用いられた可能性が高い黄色染料については有用な知見は得られなかったため，それに関する記述は割愛した。

3.1 赤色系統染料

3.1.1 可視分光分析

可視分光分析は，資料からの抽出を伴わない染料分析として，これまでも染織文化財に広く適用されている。染料の同定は，調製した標品と実資料とのスペクトルを比較することが通例である。測定では光ファイバースロープを用いて反射スペクトルを取得した。反射スペクトルを二次微分処理し，その極大波長（ $\lambda_{\max}$ ）を検出し，それぞれの染料標品のスペクトルと比較・検討した。二次微分は，反射分光スペクトルの屈曲点を検出するための解析法である。得られた結果一覧を表 2 に示す。

図 4 に，西洋アカネの標準試料と 2162-7 の赤色部分②の反射スペクトルならびにその二次微分スペクトルを示す。西洋アカネの二次微分スペクトルにおいて，505 nm と 555 nm に 2 つの極大が認められた。これらは，アカネに特有な $\lambda_{\max}$ 値であった（佐々木ら：2007）。

表 2 赤系統の染料分析結果
Table 2 Results of red dyed textiles

資料番号	測定箇所	色	可視分光分析 ($\lambda_{\max}$, nm)	三次元蛍光分光分析 ($\lambda_{\text{ex}}/\lambda_{\text{em}}$, nm/nm)	同定染料
1126-6	④	赤	505, 560	500/605, 538/603	アカネ
1126-6	②	淡赤	505, 550	500/557, 500/591, 538/592	アカネ
1126-7	⑧	赤	505, 560	500/602, 538/603	アカネ
1126-7	⑦	淡赤	505, 550	500/557, 500/592, 538/593	アカネ
2162-1	⑪	赤	505, 555	500/565, 500/599, 538/599	アカネ
2162-2	⑬	赤	530, 575	438/598	ラック
2162-3	⑮	赤	500, 550	* ¹	アカネ
2162-4	⑰	赤	505, 555	* ¹	アカネ
2162-7	②②	赤	505, 555	500/559, 500/598, 538/598	アカネ

¹ 未測定

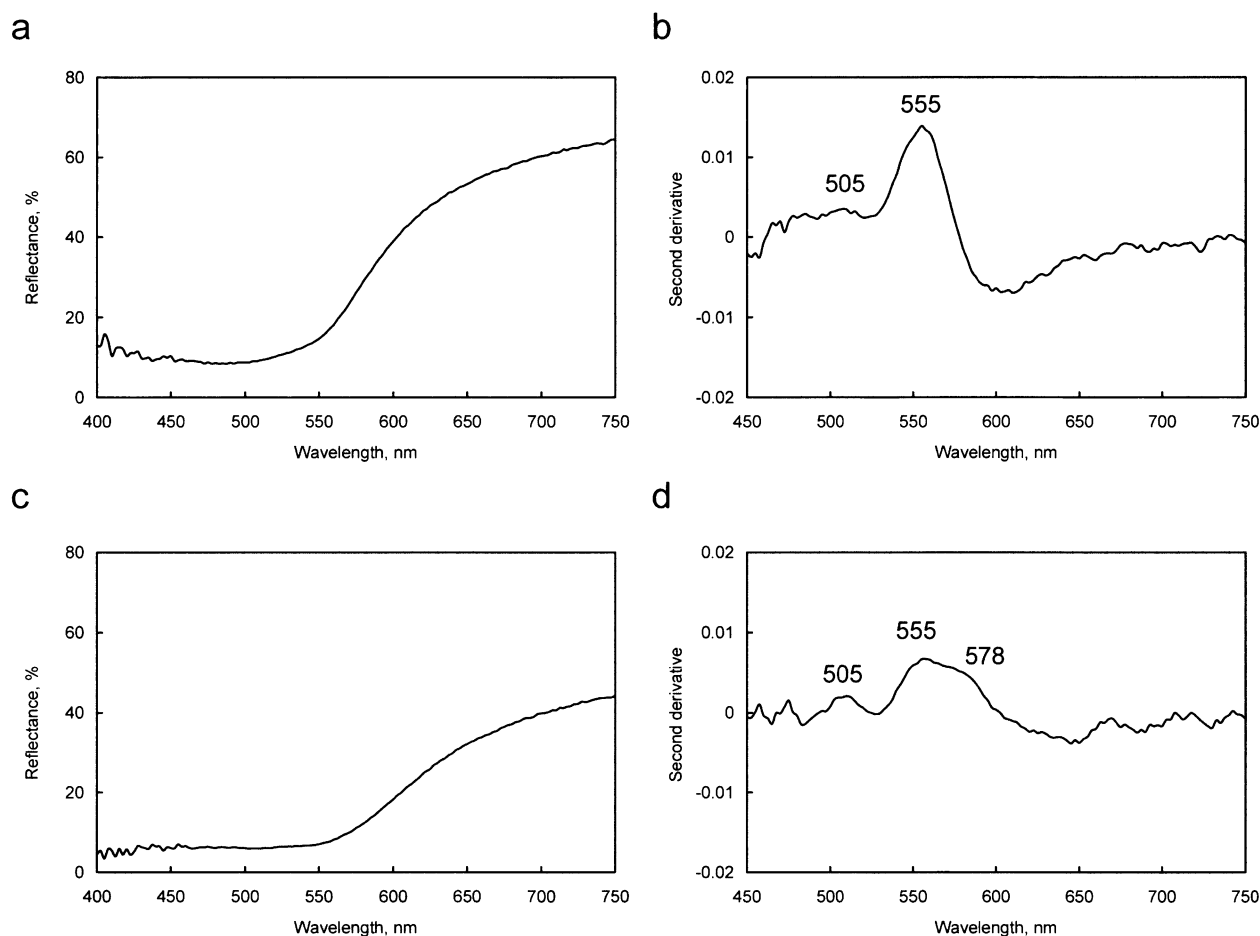


図4 西洋アカネおよび2162-7の赤色部分の分光反射スペクトル（左）と二次微分スペクトル（右）

Fig. 4 Reflectance spectra (left) and secondary differentiation (right) of red dyed textiles

- 西洋アカネ（標準試料）の分光反射スペクトル
- 西洋アカネ（標準試料）の分光反射二次微分スペクトル
- 2162-7の赤色部分の分光反射スペクトル
- 2162-7の赤色部分の分光反射二次微分スペクトル

2162-7の赤色部分の二次微分スペクトルにおいても、 $\lambda_{\max}$ は505 nm, 555 nmであり、アカネが用いられていることが示された。1126-6, 1126-7, 2162-1~4の赤色部分や淡赤色部分についても、二次微分スペクトルはアカネに特有な $\lambda_{\max}$ 値をもっており、用いられている染料はアカネであることが明らかとなった。コプト織物に用いられたアカネには、西洋アカネ (*Rubia tinctorum*) のほか、Wild typeの西洋アカネ (*Rubia peregrina*) の可能性も考えられるが (Wouters : 2001), 本分析において同定されたアカネが、いずれの植物種であるかは不明である。また、2162-7の赤色部分の二次微分スペクトルには、578 nmにショルダーピークが認められるが、このピークは、染料成分の劣化によるものか、アカネ以外の染料の併用によるものかは、不明であ

る。ちなみに、このショルダーピークは、1126-7, 2162-1, 2162-3の赤色部分についても認められた。

図5には、ラックの標準試料と2162-2の赤色部分の反射スペクトルならびに二次微分スペクトルを示す。ラックの標準試料の反射率の二次微分スペクトルにおいて、 $\lambda_{\max}$ は525 nm, 575 nmであった。2162-2の赤色部分についても、二次微分スペクトルにおける $\lambda_{\max}$ は530 nm, 575 nmであり、その値はラックの標準試料とほぼ同じであった。同様なスペクトルが得られる染料としては、ケルメスやアルメニアコチニールが挙げられるが、染料色素の抽出量から勘案すると、少なくともケルメスが用いられた可能性は低いと考えられる。

3.1.2 三次元蛍光分光分析

三次元蛍光分光分析は、ある励起波長 (λ_{ex}) に対す

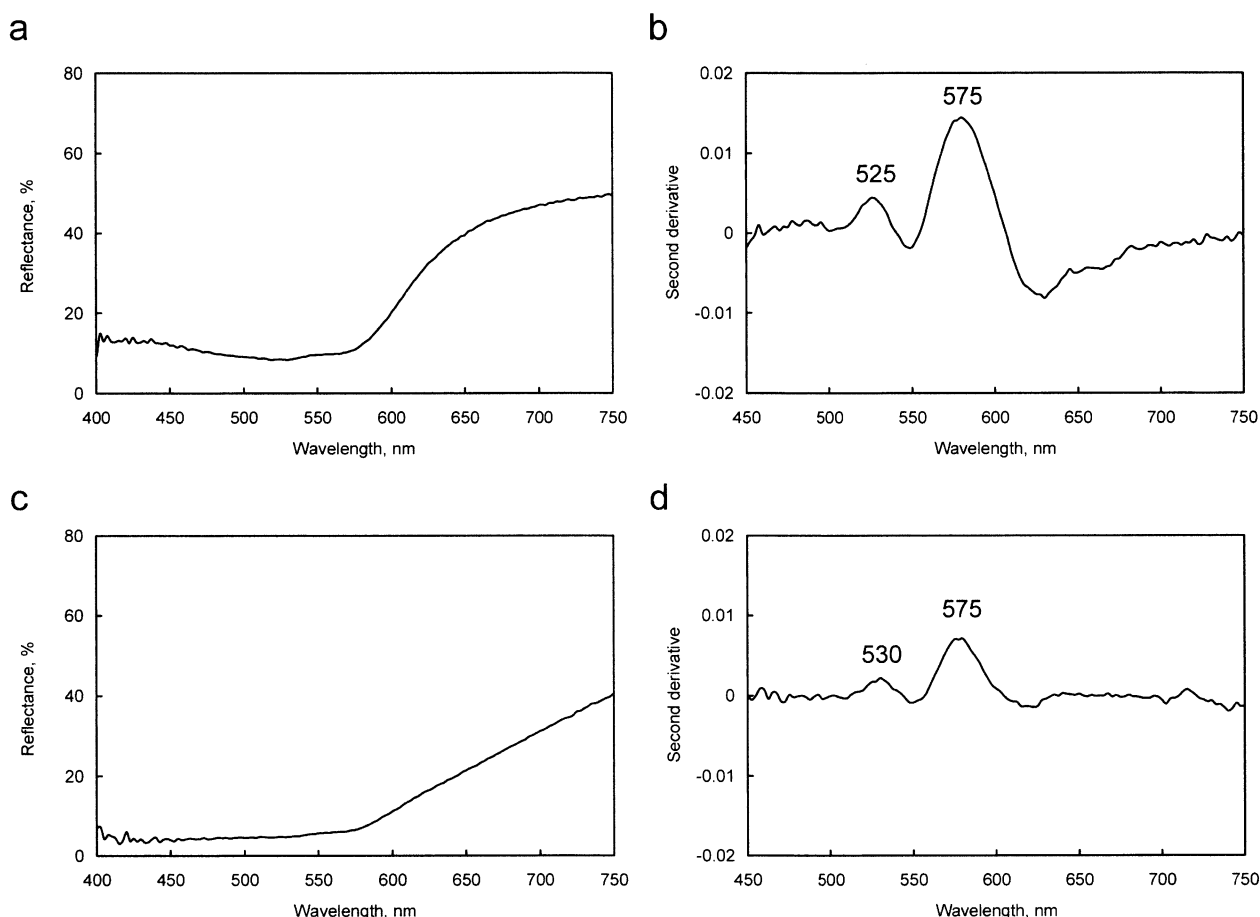


図5 ラックおよび2162-2の赤色部分⑬の分光反射スペクトル（左）と二次微分スペクトル（右）
Fig. 5 Reflectance spectra (left) and secondary differentiation (right) of red dyed textiles

- a. ラック（標準試料）の分光反射スペクトル
- b. ラック（標準試料）の分光反射二次微分スペクトル
- c. 2162-2の赤色部分⑬の分光反射スペクトル
- d. 2162-2の赤色部分⑬の分光反射二次微分スペクトル

る蛍光スペクトルを、励起波長を少しずつ変えながら複数測定し、そのデータを3次元に展開し、強度を等高線状に表したものである。横軸に蛍光波長をまた縦軸に励起波長をとる。得られた等高線は三次元蛍光分光スペクトルと称するが、その極大波長 ($\lambda_{ex}/\lambda_{em}$) は、個々の染料に特有であるため、文化財の非破壊分析として染料同定に有効である（下山・野田：1994、松田：1997、佐々木ら：2001）。

まず、被染物に関する蛍光特性を把握するため、獣毛であるウールと亜麻の三次元蛍光分光スペクトルを図6 a および b に示す。ウールの等高線には $\lambda_{ex}/\lambda_{em} = 363 \text{ nm}/429 \text{ nm}$ に極大が認められた。一方、亜麻のスペクトルには、 $\lambda_{ex}/\lambda_{em} = 388 \text{ nm}/465 \text{ nm}$ に極大が存在した。

つぎに、西洋アカネの標準試料、2162-7 および 1126-6

の赤色部分の三次元蛍光分光スペクトルを図6 c～e に示す。西洋アカネの色素は、主に、アリザリン、プルプリン、プソイドプルプリンである。西洋アカネの標準試料のスペクトルには、 $\lambda_{ex}/\lambda_{em} = 500 \text{ nm}/598 \text{ nm}$ にアリザリンに由来する極大が認められた（Shimoyama and Noda：1994）。また、 $\lambda_{ex}/\lambda_{em} = 363 \text{ nm}/424 \text{ nm}$ には、被染物である獣毛に由来する蛍光もみられた。一方、2162-7 および 1126-6 については、 $\lambda_{ex}/\lambda_{em} = 500 \sim 538 \text{ nm}/600 \text{ nm}$ 付近にアリザリンに由来する極大が存在した。

さらに、染料の蛍光特性をより詳細に検討するため、 $\lambda_{ex} = 500 \text{ nm}$ における蛍光スペクトルと $\lambda_{em} = 600 \text{ nm}$ における励起スペクトルを抽出し、標準試料と実試料とを比較検討したものが図7である。西洋アカネの蛍光ス

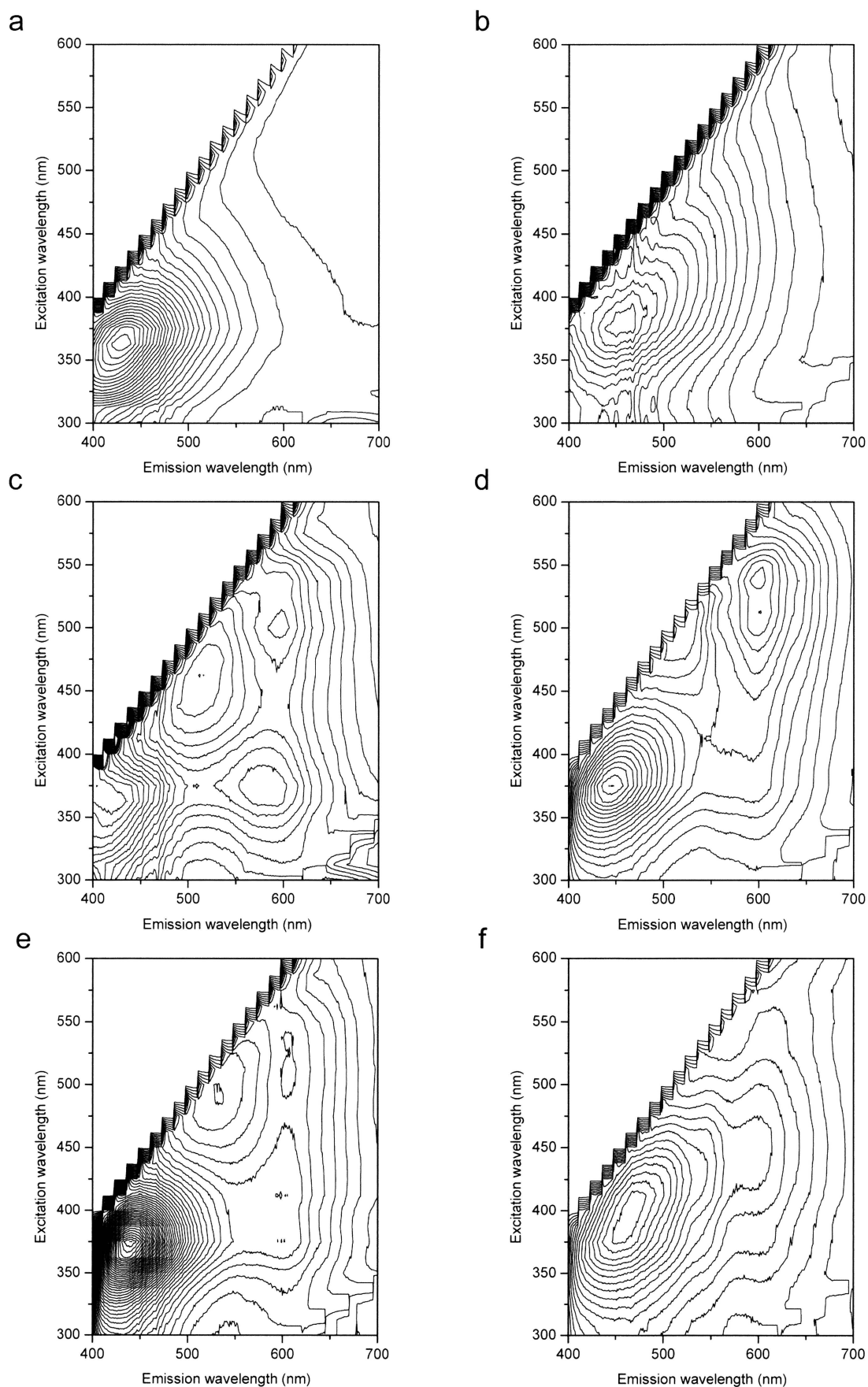
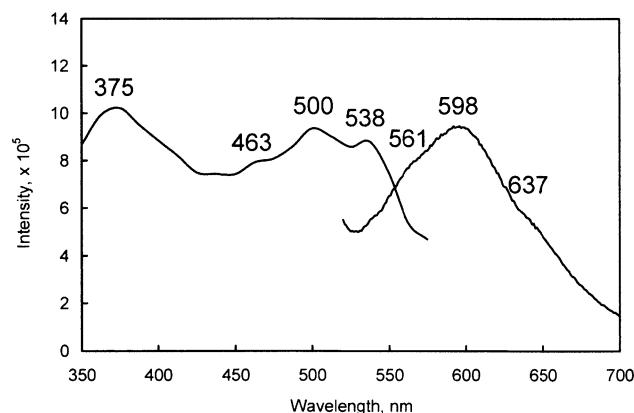


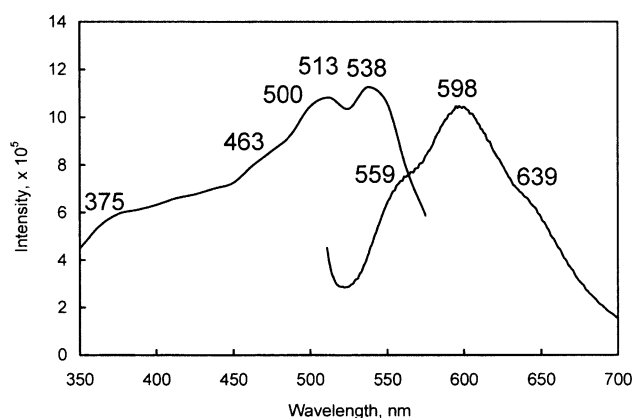
図6 赤色部分の三次元蛍光分光スペクトル
Fig. 6 Fluorescence spectra of red dyed textiles

a. ウール（標準試料） b. 亜麻（標準試料） c. 西洋アカネ（標準試料）
d. 2162-7の赤色部分② e. 1126-6の赤色部分④ f. 2162-2の赤色部分⑬

a



b



c

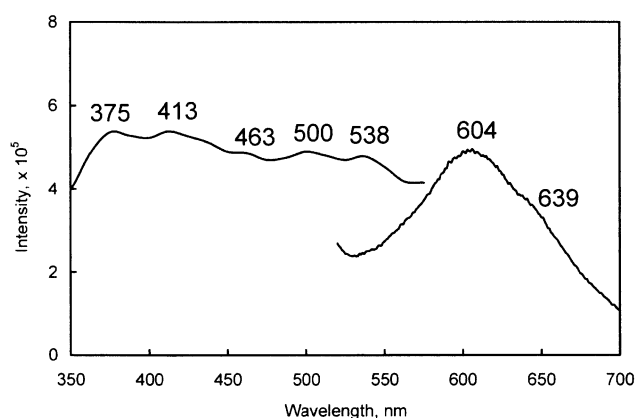


図7 2162-7 および 1126-6 の赤色部分②, ④の励起・蛍光分光スペクトル

Fig. 7 Fluorescence spectra of red dyed textiles

- a. 西洋アカネ（標準試料）の励起・蛍光スペクトル
- b. 2162-7 の赤色部分②の励起・蛍光スペクトル
- c. 1126-6 の赤色部分④の励起・蛍光スペクトル

ペクトルの $\lambda_{\max}$ は 598 nm であり、加えて、561 nm と 637 nm にショルダーピークがみられた。励起スペクトルには、463 nm, 500 nm, 538 nm に極大が存在した。また、375 nm には被染物である獣毛の励起を示す極大が認められた。2162-7 の赤色部分の蛍光スペクトルについては、 $\lambda_{\max} = 598$ nm であり、559 nm と 639 nm にショルダーピークが存在しており、これらの $\lambda_{\max}$ 値はアカネの標準試料とほぼ一致した。励起スペクトルは、375 nm, 463 nm, 513 nm, 538 nm に極大が存在し、500 nm にショルダーピークがみられ、アカネの標準試料の励起スペクトルにおける値とほぼ同じであった。標準試料の励起スペクトルと異なる点としては、 $\lambda_{\max} = 513$ nm の極大の存在、500 nm と 538 nm との強度比の違いがあげられ、これらの相違は、色素劣化や共存物

質による影響の可能性が考えられるが、詳細は不明である。1126-6 の赤色部分の蛍光スペクトルについては、604 nm に極大が存在し、639 nm にショルダーピークがみられており、これらの $\lambda_{\max}$ 値は、アカネの標準試料とほぼ一致した。アカネに特有な 560 nm 付近のショルダーピークの消失は、共存物質あるいはアカネ色素の自己吸収による影響の可能性があると考えられる (Clementi et al.: 2009)。励起スペクトルに関しても、アカネの標準試料とほぼ同じ $\lambda_{\max}$ 値をもつ極大がみられ、アカネが用いられていることが示唆された。 $\lambda = 417$ nm における励起は、獣毛の劣化成分によるものと考えられる (Nevin et al.: 2006, Nevin et al.: 2008)。

可視分光分析からラックと同定された 2162-2 の赤色については、三次元蛍光分光スペクトルの極大は不明瞭

であり、この分析法からは染料に関する有用な知見は得られなかった（図 6 f）。

3.2 青色・紫色系統染料

青色・紫色系統の染料としては、インジゴを主成分とする染料（1126-6～8，2162-1～4，6，7），および貝紫（1126-8）を確認した。また、インジゴとアカネで染めた糸を用いた資料も存在した（2162-5）。得られた結果一覧を表 3 に示す。

3.2.1 可視分光分析

青色・紫色系統の染料の同定には、可視分光分析を用い、貝紫の同定には蛍光 X 線分析を併せて実施した。インジゴで染めた標準試料および 2162-6 の青色部分⑳の反射分光スペクトルとその二次微分スペクトルを図 8 に示す。標準試料の二次微分スペクトルは、 $\lambda_{\text{max}} = 708 \text{ nm}$ であった。2162-6 の青色部分㉔のスペクトルには、700 nm に極大がみられ、インジゴの λ_{max} 値と近かった。したがって、2162-6 の青色にはウォードなどのインジゴを主成分とする染料が用いられていることが明らかと

なった。1126-6，1126-7，2162-1～5，2162-7 の淡青，青，濃青色部分についてもインジゴ特有の二次微分スペクトルが得られた。

貝紫の標準試料および 1126-8 の紫色部分㉑の反射分光スペクトルとその二次微分スペクトルを図 9 に示す。貝紫に特有な極大は、520 nm に存在し、これは既報の λ_{max} 値とほぼ同じであった（佐々木ら：2007）。640～645 nm にみられる極大については、試料により強弱があることが標準試料の測定によりわかった。1126-8 の紫色部分㉑の二次微分スペクトルには、 $\lambda = 525 \text{ nm}$ に極大が存在し、貝紫による染色であることが示唆された。標準試料にみられた $\lambda = 640 \sim 645 \text{ nm}$ の極大は、675 nm を中心としたピークに隠れており、1126-8 の紫色部分㉑のスペクトルにはみられなかった。

3.2.2 蛍光 X 線分析

可視分光分析により、貝紫が用いられていることが示された紫色部分（1126-8）㉑について、貝紫の存在を別の手法で確認するため、蛍光 X 線分析を行った。貝紫は、色素成分に臭素（Br）を含むため、蛍光 X 線分析

表 3 青・紫系統の染料分析結果
Table 3 Results of blue and purple dyed textiles

資料番号	測定箇所	色	可視分光分析 (λ_{max} , nm)	蛍光 X 線分析 (臭素の有無)	同定染料
1126-6	①	青	705	—	インジゴ
1126-6	③	淡青	695	—	インジゴ
1126-7	⑤	青	700	—	インジゴ
1126-7	⑥	淡青	695	—	インジゴ
1126-8	⑨	紫	525, 675	+	貝紫
2162-1	⑫	青	710	* ¹	インジゴ
2162-2	⑭	濃青	695	—	インジゴ
2162-3	⑮	淡青	685	* ¹	インジゴ
2162-4	⑰	濃青	715	* ¹	インジゴ
2162-5	⑱	紫	505, 550, 695	—	インジゴ、アカネ
2162-6	㉔	青	700	—	インジゴ
2162-6	㉕	濃青	700	—	インジゴ
2162-7	㉖	青	705	* ¹	インジゴ

¹ 未測定

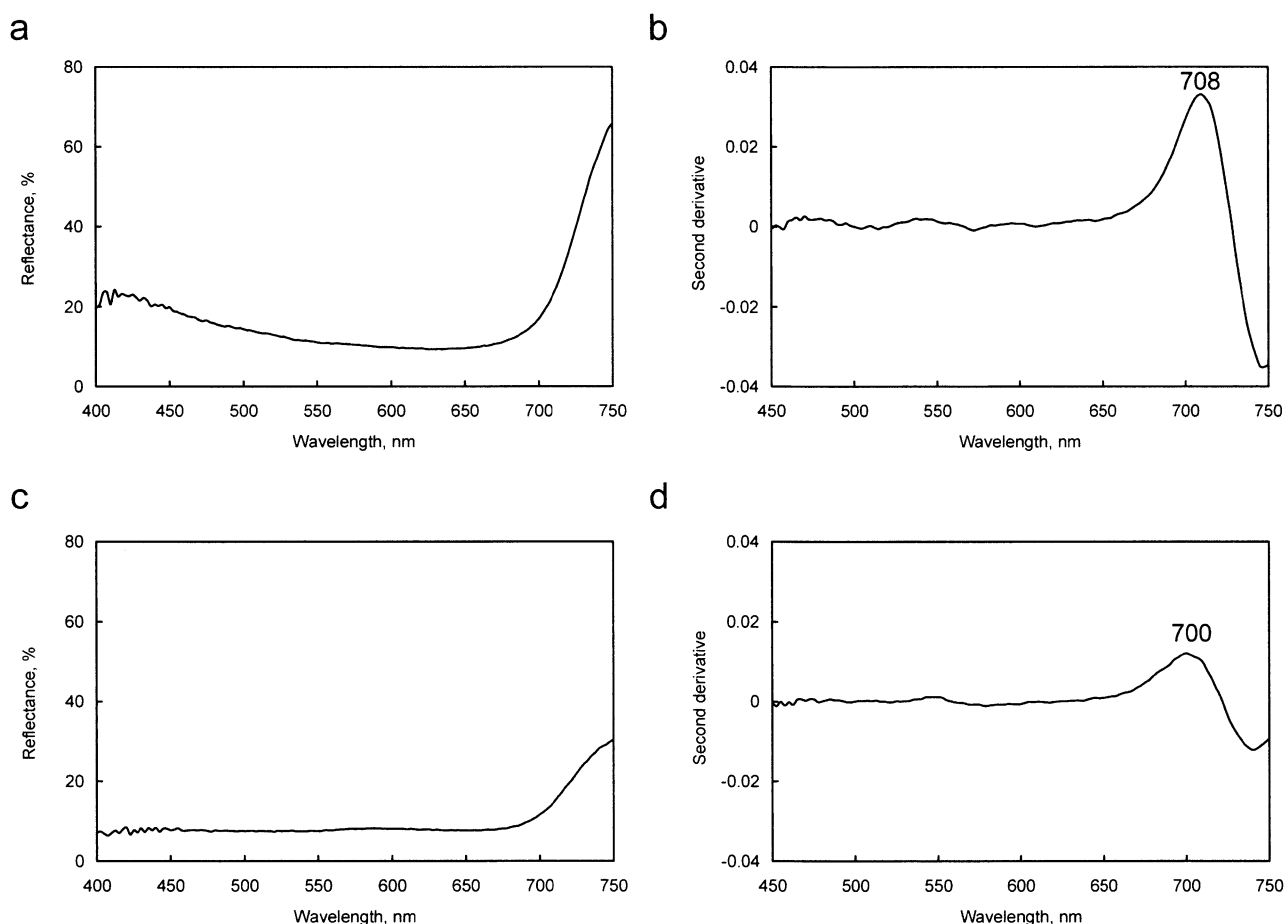


図8 インジゴおよび 2162-6 の青色部分⑳の分光反射スペクトル（左）と二次微分スペクトル（右）
Fig. 8 Reflectance spectra and secondary differentiation of blue dyed textiles

- a. インジゴ（標準試料）の分光反射スペクトル
- b. インジゴ（標準試料）の分光反射二次微分スペクトル
- c. 2162-6 の青色部分⑳の分光反射スペクトル
- d. 2162-6 の青色部分⑳の分光反射二次微分スペクトル

は紫色染料が貝紫か否かを判別するための有効な手段である（Sato and Sasaki：2003）。図 11 a は 1126-8 の紫色部分㉑の蛍光 X 線スペクトルで、臭素（Br）の $K\alpha$ 線（11.9 keV）および $K\beta$ 線（13.3 keV）が確認できる。また図 11 b は同試料の紫色でない部分㉒の蛍光 X 線スペクトルである。こちらは臭素（Br）に基づく特性 X 線は確認できない。両箇所の分析結果から、紫色部分には臭素（Br）が含まれ、しかも裂自体はこれまで、臭化メチル燐蒸などの汚染（早川ら：2001）を受けなかったことがわかる。なお両スペクトル図において確認できるイオウ（S）は基底素材である獣毛のケラチン由来、クロム（Cr）は X 線管球由来である。なお、比較のため標準試料 A および B について蛍光 X 線分析を試みた。両試料とも紫色部分では臭素（Br）が検出された。図

12 は標準試料 A の紫色部分の蛍光 X 線スペクトルである。

4. 考察

青色・紫色系統の染料としては、インジゴを主成分とする染料（1126-6 ～8, 2162-1～4, 6, 7）のほか、貝紫（1126-8）を確認した。貝紫染めが分析的手法によって確認されたコプト織物は、世界においても類例は少なく（Cortopasi：2008）、貴重な研究事例である。

一方、赤色系統の染料としては、アカネ（1126-6, 1126-7, 2162-1～4, 2162-7）およびラック（2162-2）を確認した。アカネの原料は、アカネ科植物から採取され、古来より広く用いられている染料である。本資料では、西洋アカネ（*Rubia tinctorum*）あるいは wild type

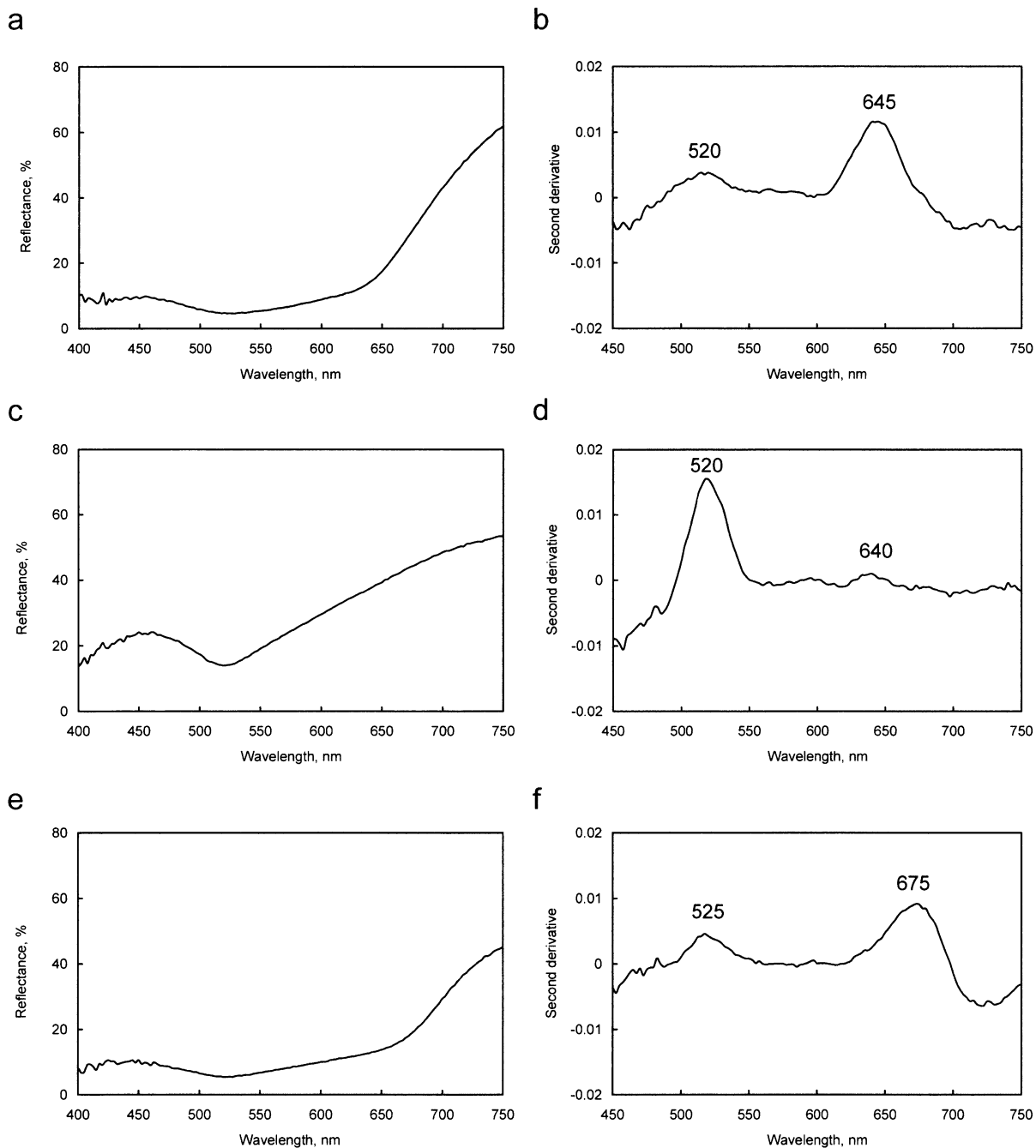


図9 貝紫試料および1126-8の紫色部分⑨の分光反射スペクトル（左）と二次微分スペクトル（右）
Fig. 9 Reflectance spectra (left) and secondary differentiation (right) of purple dyed textiles

- a. 貝紫（標準試料 A）の分光反射スペクトル
- b. 貝紫（標準試料 A）の分光反射二次微分スペクトル
- c. 貝紫（標準試料 B）の分光反射スペクトル
- d. 貝紫（標準試料 B）の分光反射二次微分スペクトル
- e. 1126-8 の紫色部分⑨の分光反射スペクトル
- f. 1126-8 の紫色部分⑨の分光反射二次微分スペクトル

の西洋アカネ（*Rubia perigrina*）から採取された色素であると考えられる。この西洋アカネ（*Rubia tinctorum*）はヨーロッパ地域に広く分布することが知られており、その植生域に基づく植物種の同定は困難で

ある（Cardon: 2007）。また、ラック染の原料はカイガラムシの虫体内から採取される色素である。ラック染めはヨーロッパ・アフリカ・アジアやアメリカでも古くからの使用例が認められるが、アジアでは *Kerra. spp.*,

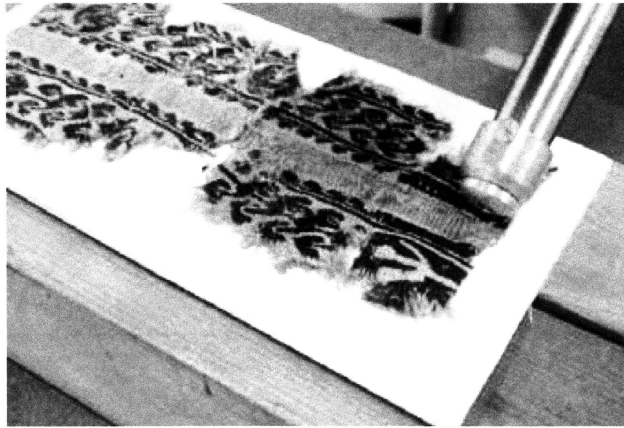


図 10 1126-8 の紫色部分⑨の蛍光 X 線測定風景
Fig. 10 The scene of measurement of fluorescence spectrometry

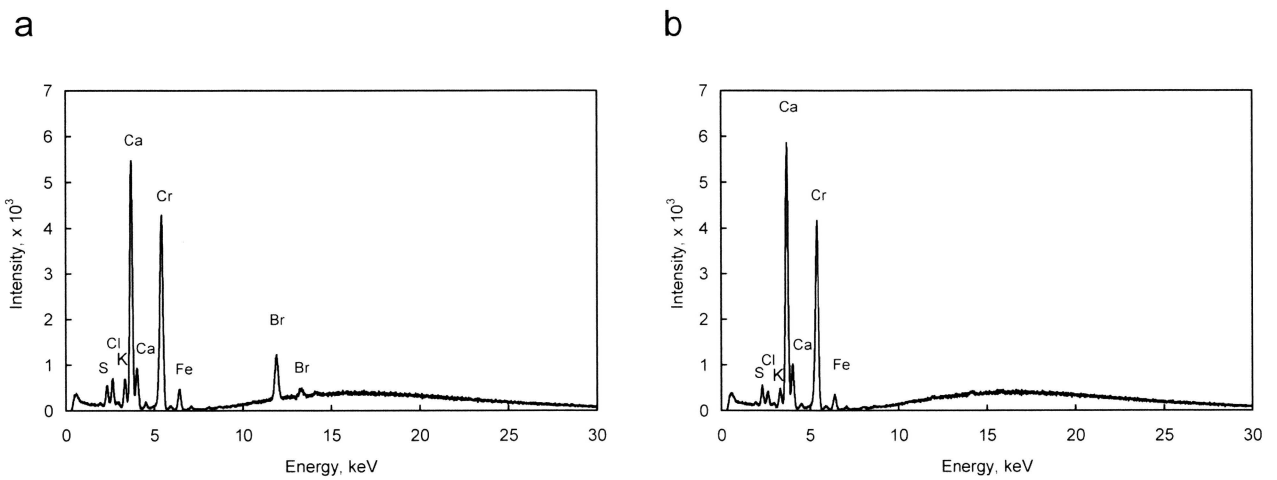


図 11 1126-8 の蛍光 X 線スペクトル
Fig. 11 X-ray fluorescence spectra of the Coptic textile 1126-8

- a. 1126-8 の紫色部分⑨の蛍光 X 線スペクトル
- b. 1126-8 の黄色部分⑩の蛍光 X 線スペクトル

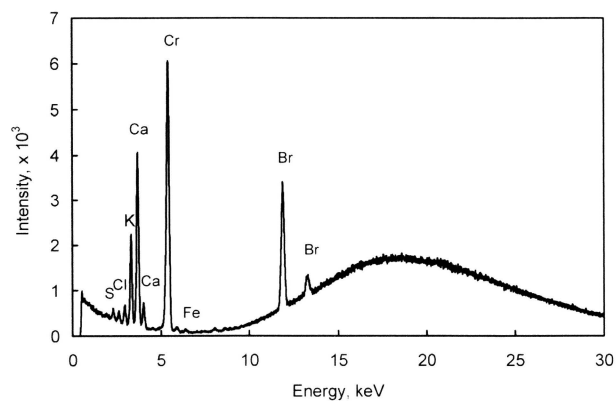


図 12 貝紫（標準試料 A）の蛍光 X 線スペクトル
Fig. 12 X-ray fluorescence spectrum of standard sample of shell purple dye

地中海沿岸では *Kermes vemilio*, 南米では *Dactylopius* spp., ヨーロッパおよびエジプト近郊では, *Porphyrophora* spp. に分布することが報告されており (Cardon: 2007), 本資料についていえば, その分布や色素抽出量から, *Kerra*. spp. もしくは *Porphyrophora* spp. によるものである可能性が高い。

なお, ラック染めの資料 (2162-2) は, イスラム文様の意匠を根拠に, 一連の資料群の中では比較的新しいと推定されたものである。この推定に従えば, ビサンティン期のコプト織物では, 赤色染料として主にアカネ科植物が用いられていたのに対し, イスラム期にはラックが用いられる変遷を示す事例となるものと考えられる。

本調査によって上記成果が得られたのは, エジプトの乾燥した気候とオクシリンスの地下水位の低下という偶然が重なることによって, 有機遺物の遺存状態が非常に良好であったこと, 加えて, 日本に送られた後は, 京都大学文学部陳列館ならびに文学部博物館の収蔵室で木製棚の抽斗内に保管され, 長期にわたって光からほぼ遮断された環境にあったこと, その後, 京都大学総合博物館においても, 洗浄, 室内燻蒸, 薬剤処理などが行われず, 現在に至るまでその色鮮やかさが保たれ, 学術標本としての価値が担保されていたことによるものである。

日本における後進教育への配慮をもってこれら資料一群を選定し, 京都大学に寄贈された, フリンダース・ペトリー博士と濱田耕作博士に改めて敬意と謝意を表したい。

謝辞

本研究の遂行に際し, 多くの方々に多大なご教示・ご協力を頂いた。ここにお名前を記し, 深い謝意を表する。岩崎奈緒子氏, 大野照文氏 (京都大学総合博物館), 上原真人氏 (京都大学大学院文学研究科), 杉本一樹氏, 尾形充彦氏 (宮内庁正倉院事務所), 奥山広規氏 (広島大学), 梶谷宣子氏 (メトロポリタン美術館), 川井秀一氏 (京都大学大学院総合生存学館), 中野智章氏 (中部大学), Dominique Cardon 氏 (フランス国立科学研究センター), Nina Jidejian 氏 (レバノン国立博物館), Roberta Cortopassi 氏 (ルーブル美術館)

注釈

注釈 1 : コプト織物 (Coptic textile) は, ローマ帝国の属領時代からイスラム支配の時代 (3~12 世紀頃) まで, キリスト教徒に改宗したエジプトの人々 (コプト) によりつくられた織物の総称である (明石: 1956)。福音書記者である聖マルコによってエジプトに紹介されたキリスト教は, 当初の 3 世紀の間は迫害されたものの, コンスタンティヌスが 306 年にローマ皇帝になり, 彼自身がキリスト教徒に改宗し, さらに 395 年にはエジプトがコンスタンチノーブルを中心とする東ローマ帝国の一部となることによって, 公式なものとなり, エジプトはコプト文化を有するようになった (ヤロミール・マレク: 2004, De Moor: 2008)。コプト織物は, 3 世紀頃以降にエジプトで製織されたキリスト教系の織物とされているが, 実際のところ, それぞれの織物は, 様々な文化の入り混じった当時のエジプト社会をそのまま反映しているため, 狭義にキリスト教文化のものであるか否かを識別することは難しい (梶谷: 1981)。そのため, 一般には, 染色した獣毛を用いて文様を入れたエジプトの織物の総称として, コプト織物とする研究報告が多い。本稿で取り扱う一連の資料を, 慣例に倣ってコプト織物と称したが, ここでは, 特定の歴史時代区分や人種的な区分を意味するものではないことを, あらかじめ断っておく。

注釈 2 : 濱田教授が親交のあったイギリスのペトリー博士を通じて寄贈された経緯の詳細は, 京都大学総合博物館企画展 “埃及考古” の調査において, 当時の往復書簡や写真などの史料によって再現された (中野: 2011)。

注釈 3 : なお, 展示終了後, 一部資料の微量な糸片に対し, 国立歴史民俗博物館・坂本稔氏の協力を得て放射性炭素年代測定を行った。その結果, 2162-7 の経は 5 世紀~6 世紀前半, 1126-8 の経, 緯ともに 5 世紀~6 世紀前半, 2162-2 の経は 8 世紀末~9 世紀のものと推察された。糸の放射性炭素年代測定によって得られた結果は, 一般に知られるコプト織物の制作時期と照らし合わせて矛盾はないものと考えられる。年代測定で得られた結果詳細は, 今後別稿で報告する。

注釈4：貝紫染めは、古来より大変貴重なものとされてきた（中野ら：1986）。貝紫染めの原料となる貝は、内陸都市であるオクシリンコス近郊で採取できないため、貝紫染めの糸や織物が流通していたことが推察される。貝紫染めの原料として代表的なものは、ムーレックス貝から採取される色素である。このムーレックス貝は、レバノンの湾岸都市ティールを象徴するものとして知られており、ティールの遺跡であるシティ・サイトにおいて多量に発掘されている（Chehab：1965, Jidejian：1986）。また、ティール出土の碑文資料、とくにネクロポリス出土の職業碑文の職名の解読によって、貝紫染め関係職の多さが際立っていることを奥山氏は指摘している（奥山：2012）。ここで、貝紫染め関係職とは、原料となるムーレックス貝を収穫する漁師とその職業組合、ムーレックスの殻を砕き染料物質を抽出するムーレックスの砕き人、その抽出された液から染料を作り織物に用いる染色職人、染色された織物(布や糸)や染料そのものを扱う商人などに細分化された専門家である。貝紫染めは、このように多様な専門職によって成立するため、当時としても、大変な高級品であったことが知られている。その価格について、「1 ポンド 100 デナリで売られていた。それから間もなくタラントの赤紫が流行した。それに続いて二重染めのテュロス紫が流行したがこれは 1 ポンド 1000 デナリでも買えない」とプリニウスは述べている（奥山：2012）。この文献に示された価格によれば、貝紫で染めた織物は当時の裕福層しか持てないものであり、すなわち、エジプトの中核都市・オクシリンコで見出された貝紫染めのコプト織物は、オクシリンコ

スの地に裕福層の存在があったことを裏付けているといえるであろう。

貝紫染めに関する専門分化された職業それぞれの具体的な生業内容については、プリニウスが博物誌にその詳細を記している。例えば、染織職人についての記述は、以下の様である。「きれいに洗った羊毛を試験的にそれにひたす。そしてもう大丈夫というところまでその液を熱する。赤味がかかった色は黒ずんだ色に劣る。羊毛は五時間漬け、そして梳いた後再び漬け、液を全部吸い込んでしまうまで繰り返す。ホラ貝はそれだけでは感心しない。というのは染まるのが遅いからだ。それは適当にムラサキ貝と混ぜられる。するとその過度に黒ずんだ色に、要求されるあの堅い明るい緋色が与えられる。その二つの効力がこうして混合されると、ひとつは明るい色にするし、その時の都合によっては、いまひとつが暗い色にする。1000 ポンドの羊毛に必要な染料の総量は 200 ポンドのホラ貝、111 ポンドのムラサキ貝だ。そうするとあのすばらしい紫水晶色が生まれる。テュロス紫に染めるには、予備的な薄い色の仕上げとして、まずムラサキ貝にひたし、それからホラ貝で完全に変色させる。そのいちばんのすばらしさは凝結した血の色にある。見ると黒味がかっているが、光線にさらされると微光を放つ。これがホメロスの「紫色の血」ということばの起りだ」（奥山：2012）。なお、素材が羊毛であるとするプリニウスの記述は、本調査における目視観察の結果と矛盾しないが、今後、他の獣毛である可能性も踏まえた素材繊維の分析も必要であろう。

引用文献

- 明石国助 1956 『埃及コプト染織工藝史』 199p
奥山広規 2012 『古代東地中海地域の碑文研究・都市ティールを中心に』 広島大学大学院文学研究科博士論文 833p
梶谷宣子 1981 『コプト裂』 染色の美 13 77p
佐々木良子・佐々木健 2009 「染織文化財に用いられた染料の微量分析手法の開発（1）ESI イオン化質量分析によるアントラキノン系赤色染料の分析」 考古学と自然科学 59 pp.83-95
佐々木良子・佐藤昌憲・肥塚隆保・河合貴之・前川善一郎・佐々木健 2001 「反射分光分析による文化財染織品に用いられた天然染料の分析」 考古学と自然科学 40/41 pp.1-15

- 佐々木良子・松原淳子・岡田文男・土橋理子・佐々木健 2007 「紫円文コプト織り（奈良公園シルクロー
ド交流館蔵）の材質分析－微量分析手法への顕微反射スペクトルと質量分析の適用」 考古学と自然
科学 56 pp.27-40
- 下山進・野田裕子 1994 「三次元蛍光スペクトルによる古代染色遺物に使用された染料の非破壊的同定法
の再検討」 分析化学 43 pp.54-63
- 中野定雄・中野里美・中野美代（訳）1986 『プリニウスの博物誌』 600p
- 中野智章（監修）2011 『埃及考古－ペトリーと濱田が京大エジプト資料に託した夢－』 京都大学文学研
究科考古学研究室・京都大学総合博物館編 47p
- 早川泰弘・三浦定俊・津田徹英 2001 「ポータブル蛍光 X 線法による木彫像の彩色材料調査」 保存科学
40 pp.75-83
- 林暁子・齊藤昌子 2001 「染色布上の赤色天然染料の HPLC によるキャラクタリゼーション (I)－コチ
ニール, ラック, ケルメス, 茜について－」 文化財保存修復学会誌 45 pp.27-43
- 松田泰典 1997 「黄色系天然染料の三次元蛍光スペクトル測定による非破壊染料分析」 文化財保存修復
学会誌 41 pp.54-63
- ヤロミール・マレク 2004 『エジプト美術』 447p
- 吉田直人 2011 「可視反射スペクトルと二次微分スペクトルによる青色色材の判別に関する検討」 保存
科学 50 pp.207-215
- Cardon, D. 2007 "Natural dyes: Sources, tradition, technology and science" Archetype Publications,
London 500p
- Carroll, D.L. 1988 "Looms and textiles of the Copts: First millennium Egyptian textiles in the Carl
Austin Rietz Collection of the California Academy of Sciences, San Francisco" California
Academy of Sciences pp.2
- Chehab, M.H. 1965 "Chronique" Bulletin du Musee de Beyrouth (BMB) 18 pp.111-125
- Clementi, C., Millani, C., Verri, G., Sotiropoulou, S., Romani, A., Brunetti, G.B. and Sgamellotti, A.
2009 "Application of the Kubelka-Mink correction for self absorption of fluorescence emission
in carmine lake paint layers" Applied Spectroscopy 63 pp.1323-1330.
- Cortopasi, R. 2007 "Late Roman and Byzantine linen tunics in the Louvre Museum" Proceedings of
the First International Conference on Ancient Textiles pp. 139-142
- Cortopasi, R. 2008 "Vetements <romains> au Louvre" In: Alfaro, C., Wild, J.P. and Costa, B. (eds.)
"Purpureae Vestes I. Textiles y tintes del Mediterraneo en epoca romana" Valencia 149 p
- De Moor, A. 2008 "3500 years of textile art" Lannoo Publishers Tielt, Belgium 253 p
- Jidejian, N. 1986 "Tyre through the ages" In: Dar El-Mashreq (ed.) "Librairie Orientale, 2nd edition"
Beirut pp.279-297
- Leona, M. and Winter, J. 2001 "Fiber optics reflectance spectroscopy: A unique tool for the investi-
gation of Japanese paintings" Studies in Conservation 46 pp.153-162
- Nakamura, R., Tanaka, Y., Ogata, A. and Naruse, M. 2009 "Dye analysis of Shosoin textiles using ex-
citation-emission matrix fluorescence and ultraviolet-visible reflectance spectroscopic
techniques" Analytical Chemistry 81 pp.5691-5698
- Nevin, A., Cather, S., Anglos, D. and Fotakis, C. 2006 "Analysis of protein-based binding media found

- in paintings using laser induced fluorescence spectroscopy” *Analytica Chimica Acta* 573/574 pp. 341-46
- Nevin, A., Anglos, D., Cather, S. and Burnstock, A. 2008 “The influence of visible light and inorganic pigments on fluorescence excitation emission spectra of egg-, casein- and collagen-based painting media” *Applied Physics A* 92 pp. 69-76
- Orska-Gawrys, J., Surowiec, I., Kehl, J., Rejniak, H., Urbanial-Walczak, K. and Trojanowicz, M. 2003 “Identification of natural dyes in archaeological Coptic textiles by liquid chromatography with diode array detection” *Journal of Chromatography A* 989 pp.239-248
- Sato, M. and Sasaki, Y. 2003 “Blue and purple dyestuffs used for ancient textiles” *Dyes in History and Archaeology* 19 pp.100-105
- Shimoyama, S. and Noda, Y. 1994 “Non-destructive determination of plant dyestuffs used for ancient madder dyeing, employing a three-dimensional fluorescence spectrum technique” *Dyes in History and Archaeology* 13 pp.14-26
- Stoyanova, M. 2008 “Written sources on Coptic dyeing methods. Pap. Berol. Copt. 8316: about the meaning of apei from a technical point of view” *Journal of Coptic Studies* 10 pp. 99-112
- Trojanowicz, M., Orska-Gawryś, J., Surowiec, I., Szostek, B., Urbaniak-Walczak, K., Kehl, J. and Wróbel, M. 2004 “Chromatographic investigation of dyes extracted from Coptic textiles from the National Museum in Warsaw” *Studies in Conservation* 49 pp.115-130
- Wouters, J. 1985 “HPLC of anthraquinones: Analysis of extracts from plant and insects dyed textiles” *Studies in Conservation* 30 pp.119-128
- Wouters, J. 2001 “Dye of *Rubia perigrina*. I. Preliminary investigations” *Dyes in History and Archaeology* 16/17 pp.145-157

(2013 年 2 月 1 日受付, 2014 年 9 月 27 日受理)

Spectroscopic Analysis of Dyes Used in Coptic Textiles in the Egypt Collection of Kyoto University Museum

Misao YOKOYAMA¹⁾, Rikiya NAKAMURA²⁾, Masakazu NARUSE²⁾, Yumiko MURAKAMI³⁾,
Junko HIGASHIMURA⁴⁾, Rie ENDO⁵⁾ and Takura IZUMI⁶⁾

¹⁾ Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Oiwakecho, Kitashirakawa Sakyo-ku, Kyoto, Kyoto 606-8501, Japan

²⁾ Office of Shoso-in Treasure House, Imperial Household Agency, 129 Zoshi-cho, Nara, Nara 630-8211, Japan

³⁾ The Kyoto University Museum, Kyoto University, Honmachi, Yoshida, Sakyo-ku, Kyoto, Kyoto 606-8501, Japan

⁴⁾ Faculty of Education and Regional Studies, Fukui University, 3-9-1 Bunkyo, Fukui, Fukui 910-8507, Japan

⁵⁾ Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, Gokasyo, Uji, Kyoto 611-0011, Japan

⁶⁾ Graduate School of Letters, Kyoto University, Honmachi, Yoshida, Sakyo-ku, Kyoto, Kyoto 606-8501, Japan

To elucidate the natural dyes used in the Coptic textiles housed in Kyoto University Museum's Egypt collection, spectroscopic analyses were performed using visible reflectance spectrometry, fluorescence spectrometry, and X-ray fluorescence spectrometry. The Coptic textiles in the collection can be divided into two groups according to their origin. One comprises those textiles collected by Professor Kosaku Hamada, the founder of the archaeology laboratory of the Kyoto University Graduate School of Letters, while he were studying in England in 1916; the other comprises those donated by the British School of Archaeology in Egypt through Professor Flinders Petrie, who worked for the Archaeology Department of London University in 1922. The latter set of artifacts was excavated from Oxyrhynchus, Egypt, and contained items belonging to the successive Greco-Roman (BC 332-AD 395), Byzantine (AD 395-AD 641), and Islamic (AD 642-AD 1250) eras.

Three items from the collection of Professor Hamada and seven items from the British School of Archaeology in Egypt were selected for spectroscopic analysis of natural dyes, particularly red, blue, and purple dyes. Madder (from *Rubia*) and lac (from *Coccoidea*) were detected in the red-dyed textiles, indigo in the blue-dyed textiles, and Tyrian purple (from sea snails) in the purple-dyed textiles.

Visible reflectance spectra from the red-dyed textiles were measured using a fiber-optic probe, and the wavelengths of peaks in the second derivative spectra were reviewed. The peaks observed at 500-505 nm and 550-560 nm are characteristic of madder dye, suggesting western madder (*Rubia tinctorum*) or wild madder (*Rubia peregrina*) as plausible sources of the color. The peaks observed at 530 nm and 575 nm are characteristic of lac dye. The results of fluorescence spectrometry analyses agreed with the results of visible reflectance spectrometry analyses.

A peak in the second derivative spectrum was observed at 700 nm for the blue- and purple-dyed textiles. This is characteristic of indigo. However, the chemical constitution of indigo is similar to that of Tyrian purple. Therefore, X-ray fluorescence spectrometry analysis was used to test for the presence of bromine, which is found in Tyrian purple but not indigo, to distinguish the dye used. As a result, Tyrian purple was detected in the purple-dyed textiles.