

姫路市立美術館  
研究紀要  
第17号 ■ 2018年

B U L L E T I N  
O F  
H I M E J I  
C I T Y  
M U S E U M  
O F  
A R T

姫路市立美術館

研究紀要

第17号 ■ 2018年

---

B U L L E T I N

O F

H I M E J I

C I T Y

M U S E U M

O F

A R T

## 目次

クロード モネ《ル・プティ=ジュヌヴィリエにて、日の入り》の  
保存修復および非破壊科学調査

大原秀行・大下浩司

..... 4

ピエール=オーギュスト ルノワールの油彩画《母性》のベースに  
なったデッサンの保存・展示方法の検討および色材の非破壊科学  
調査

鈴木英治・大下浩司

..... 32

# クロード モネ 《ル・プティ=ジュヌヴィリエにて、日の入り》の 保存修復および非破壊科学調査

大原秀行<sup>1</sup>・大下浩司<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 吉備国際大学 文化財総合研究センター・絵画修復家

<sup>2</sup> 吉備国際大学 外国語学部 外国学科・文化財総合研究センター

姫路市立美術館 國富奎三コレクションのうちの一つ、クロード モネの油彩画《ル・プティ=ジュヌヴィリエにて、日の入り》の保存修復および非破壊科学調査を行なった。本作品は絵画表面に塗られたワニスが経年により黄変していたため、ワニスの除去と塗り直しの保存修復をした。そして、保存修復を進めていく過程で、本作品の一部に加筆の恐れのある箇所があったため、これを調べるために各種写真撮影や科学分析による非破壊科学調査も行なった。大原が全体の統括ならびに保存修復を担当し、大下が非破壊科学調査を担当した。

## I 保存修復

クロード・モネ  
「ル・プティ=ジュヌヴィリエにて、日の入り」



作 者：クロード・モネ  
タイトル：「ル・プティ＝ジュヌヴィリエにて、日の入り」  
制作年：1874年  
寸 法：54.0×73.0 cm  
技 法：油彩  
支持体：キャンバス  
額 縁：あり（外額有）  
ガラス：あり  
所 有：姫路市

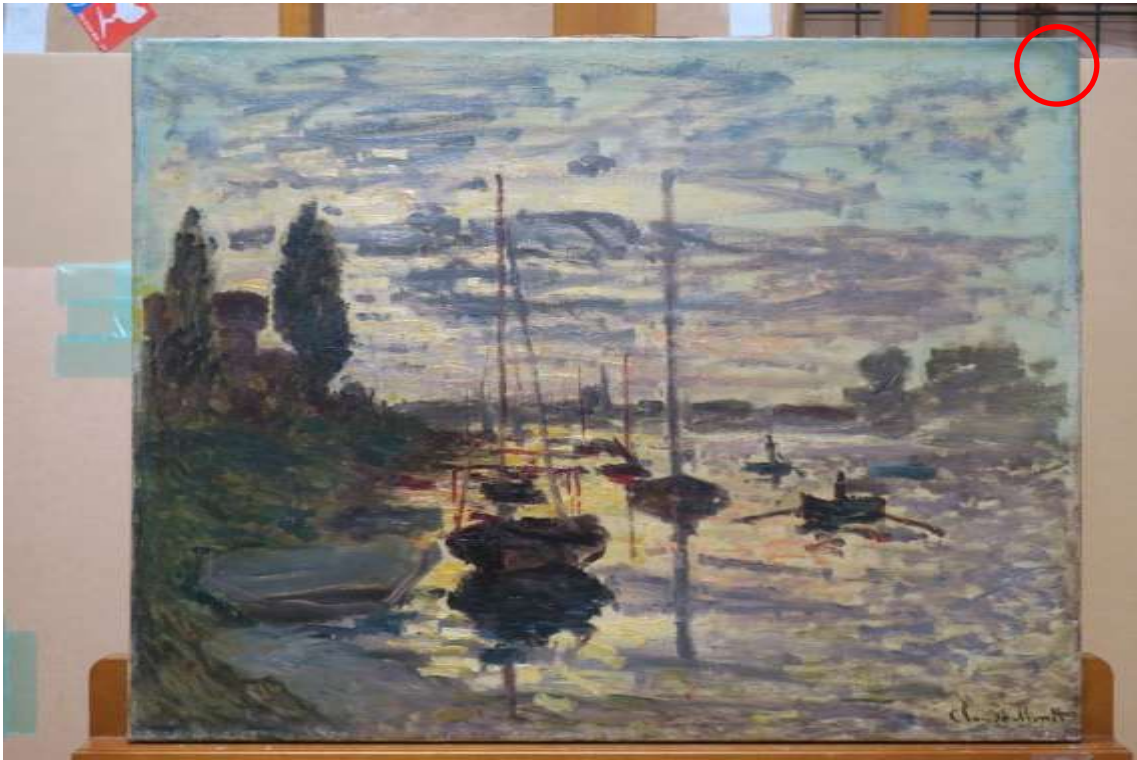
#### 【状態】

##### 《油彩画部分》

- ・ 絵画表面全体に汚れ
- ・ 裏面の汚れ
- ・ 絵画面のニスによる激しい黄変あり
- ・ 画面下部中央にキャンバス地の膨らみあり
- ・ 作品周辺部に表層のひっかき傷あり

#### 【修復処置】

- ・ 科学分析調査を行う。
- ・ 写真撮影を行う（普通光線、斜光線、紫外線、赤外線、X線撮影）。
- ・ 画面のクリーニングを行う（ぬるま湯と綿棒を使用）。
- ・ 裏面のクリーニングを刷毛とミュージアムクリーナーを使用して行う。
- ・ キャンバス地下部の膨らみは、キャンバス地と木枠の間に異物（ゴミ）が混入しており、取り除く。
- ・ 絵画面の周辺部にある軽いひっかき傷は剥離を起こしていないため、処置は行わない。
- ・ 黄変化したニスの除去を行う（希釈したエタノール水を使用）。
- ・ ダンマルニスの塗布を行う。
- ・ 報告書の作成。



○ 赤丸部分のワニスの除去を試みる



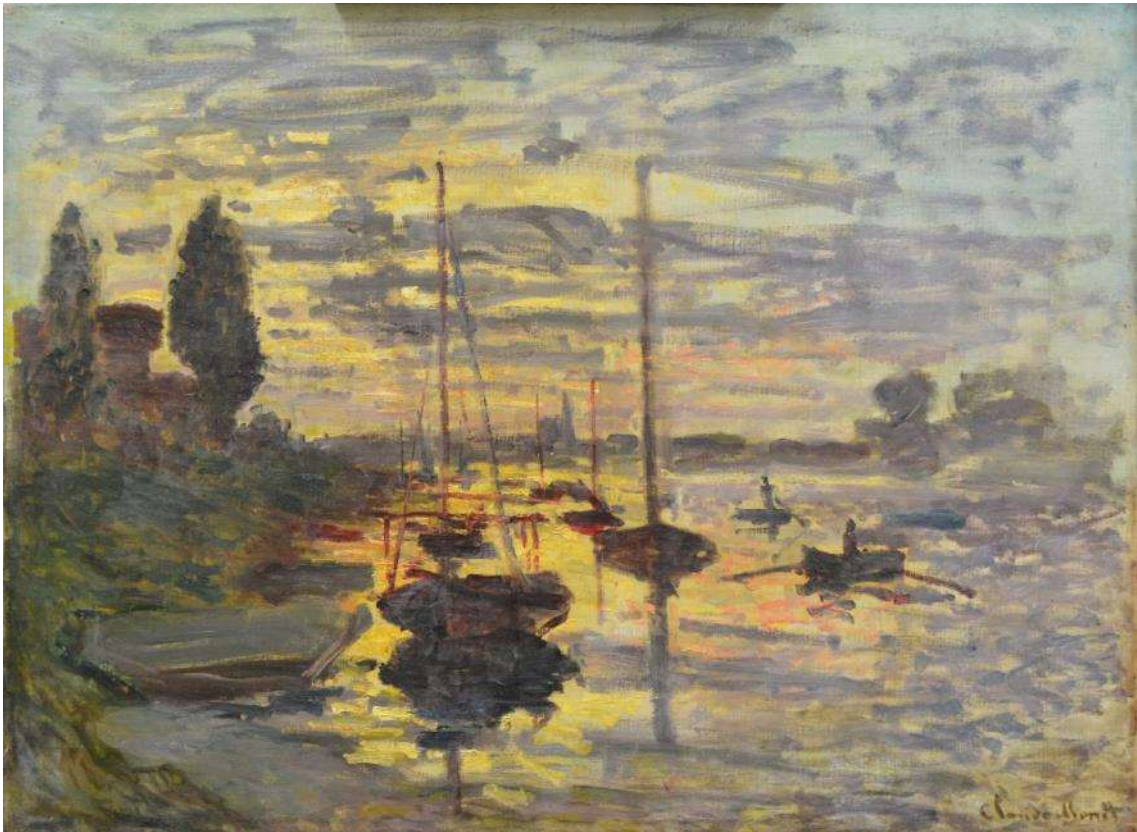
- 画面の右上部分の一部の表面のワニスの除去をする。
- 黄変化したワニスの下から鮮やかな空の青色が現れる。
- その結果、画面全面の黄変化したワニスの除去を決定する。



黄変化したワニス除去には精製水で20%程度に希釈したエチルアルコールを使用。



画面の右側部分の黄変化したワニス除去



ワニス除去後

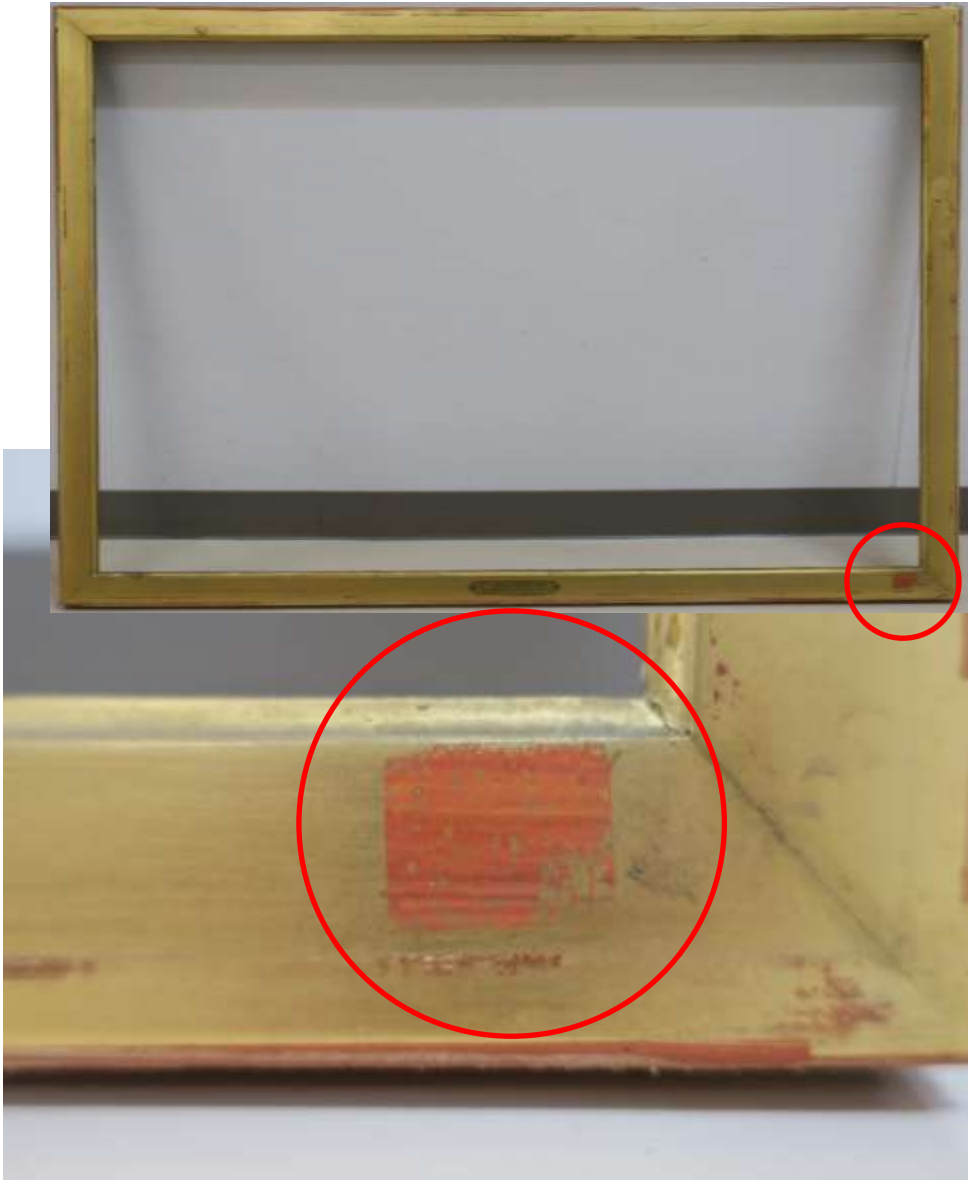
**【額縁】**

- ・額縁のクリーニングを行う
- ・額装を行う
- ・外額の撤去を行う

**【額縁のライナー】**

- ・金地のライナーの下部右部分に M の字が見られる。  
この M が「Monet」の「M」ではないかと思われたが、恐らく表面の金地が何らかの原因で剥がれて、偶然に「M」に似た図形が現れたものと推測した。





## II 科学調査

本作品は、経年によりワニスが黄変していたが（図 1(1)）、ワニスの除去ならびに塗り直しの保存修復により、作品本来の色彩がよみがえった（図 1(2)）。この保存修復に際し前調査にて撮影した紫外線写真（図 2(1)）から、作品中央部の空や舟のマスト、作品に向かって左上部の空の一部に黒く写った加筆の恐れのある描写が認められた。紫外線写真に黒く写った箇所は、その表面にワニスがない状態であり加筆が疑われた。このため、以下の各種写真撮影や科学分析による非破壊科学調査を行なった。調査に際し加筆された場合を想定して次の仮説を立てた。1) モネ自身が加筆したならば、本作品に使用した絵具と同じ種類の絵具を使い加筆した可能性がある。あるいは、2) モネ以外の人物が加筆したならば、本作品に使用した絵具とは異なる種類の絵具を使用し加筆した可能性がある。この他にも多くの仮説が考えられるが、本調査ではこれら 2 つの仮説に絞り、モネのオリジナルの描写部と加筆の疑いのある描写部に使われた絵具の種類を調べることにした。

### 1 科学調査の方法

科学調査は、紫外線写真・赤外線写真・斜光写真・X 線写真の各種写真撮影と蛍光 X 線スペクトル分析により全て非破壊で行なった。蛍光 X 線スペクトル測定した描写部を記録するため、ワニス除去後の通常写真（白色の可視光線による写真）と顕微写真も撮影した。これらの手順を以下に記す。

通常写真・紫外線写真・赤外線写真・斜光写真の撮影では、作品をイーゼルに立て掛け固定し、その正面前方にカメラを三脚に取り付け設置して、リモコンを使ってシャッターを切った。

通常写真・紫外線写真・斜光写真の撮影には、デジタル一眼レフカメラ・ニコン・D5100 を用いた。これらのうち通常写真と紫外線写真では、作品の正面前方に設置したカメラの横に蛍光灯タイプの白色ライトあるいは紫外線ライトを配置し、作品に対して白色光と紫外線の光をそれぞれ照射し撮影した。紫外線写真を撮影する際には、調査を安全に行える範囲で部屋をなるべく暗くし、紫外線ライトが発光する光のみが写真に写る撮影条件を探り行なった。紫外線の光の照射はなるべく短時間に抑えた。斜光写真では、白色 LED ライトを使って作品の側面から白色光を照らし撮影した。

赤外線写真の撮影では、赤外線カメラ・ペンタックス・645D IR を使用した。2 台の赤外線ライトは、作品に対して左右斜め方向の位置にそれぞれ配置した。まず通常写真（白色の可視光線による写真）を撮影しピントを合わせ、カメラのレンズ前面に可視光線の光をカットし赤外線の光を透過しやすい IR フィルター（富士フィルム・IR86）を取り付け、レンズ部にある赤外線指標をもとに赤外線の光に対してピントを合わせた。赤外線写真の撮影時には、2 台の赤外線ライトで作品を照らした。撮影した赤外線写真を拡大してピントを確認し、合っていない場合には赤外線指標をもとにピントを微調整してもう一度撮影した。撮影した写真は Windows 付属の Picture Manager ソフトで開き、撮像の明暗を判別しやすいうようにグレースケールの（灰色の明暗による）画像に調整した。

X 線写真では、作品の表面から X 線を照射し、作品の裏まで透過した X 線の強度がグレースケールの画像で記録される。本調査で使用した X 線写真撮影装置では、作品全体を 1 度に撮影できなかったため、5 枚に分けて撮影した。装置の構造上、作品中央の上段と下段は撮影できなかった。

顕微写真の撮影には、デジタル顕微鏡モードを備えたコンパクトデジタルカメラ・リコー・WG5 GPS を用いた。メーカー推奨の手順では、レンズ周辺のマイクロスタンド部を被写体に付け静置し撮影する。しかし、本調査では、作品を傷つけないように配慮し、カメラを手に持ち作品になるべく近づけて撮影することとした。デジタル顕微鏡モードによる撮影時には、レンズ周辺部にある 6 灯の白色 LED が点灯し、作品表面で反射した白色 LED の光が写真に写り込みやすい。このため作品表面とカメラの距離は適

宜調整し撮影した。

以上の各種写真撮影では、通常写真・紫外線写真・赤外線写真はワニス除去前後に行ない、斜光写真とX線写真はワニス除去前、顕微写真はワニス除去後に行なった。これらの写真撮影に加え、蛍光X線スペクトル分析による絵具の推定も行なった。

絵具の種類推定には、AMPTEK製のデバイスからなるポータブル蛍光X線スペクトル分析装置を使用した<sup>1)</sup>。本作品を机上に静置し、絵画面の上方から検出部を測定点に近づけ固定し測定した。測定は、作品に対して非接触で行なうことができる。元素が検出される範囲は、測定点の中心から概ね半径6mmであり、本装置は、元素の周期表のうち原子番号がCa（カルシウム）以降の元素を検出できる。蛍光X線スペクトルの分析はワニス除去前に行ない、測定点の色はワニス除去後に確認した。

## 2 結果と考察

### 2.1 紫外線写真

油彩画の紫外線写真は、修復時の補彩や制作後の修整などの加筆を調べるために撮影する。本調査で使用したカメラは紫外線の光に対しても感度があり、撮影した写真から紫外線の光に対する油彩画表面の反射・吸収・蛍光を観察できる。機種によって撮像は異なるが、本作品のように絵画表面にワニス塗られていれば、ワニス塗りが紫外線の光を反射もしくは蛍光して、紫外線写真には青く（明るく）写る。ただし、ワニスの下層にある絵具が紫外線の光を吸収しやすい場合には、黒く（暗く）写ることもある。そして、蛍光性の絵具が使われていれば、吸収した光の波長よりも長波長の光を蛍光するため、明るく青色以外の色（青色よりも波長の長い光の色）に写る。しかし、ワニスの上に絵具が塗られている場合あるいは何らかの理由で絵具層表面にワニスがない場合などには、この部分のみが紫外線写真に黒く写る。

図2の紫外線写真はワニス除去前後にそれぞれ撮影した。ワニス除去前の紫外線写真（図2(1)）では画面全体が概ね青く写り、絵画表面にワニス塗られていることがわかる。この図2(1)に、加筆の恐れのある黒い撮像部を破線で囲み示した。この部分を目視で確認しても光沢はなく表面にワニスがないことを確認した。この他にも黒い（暗い）撮像が散見されるが、表面にワニス塗られているのを目視で確認できた。このため、これらの撮像ではワニス下にある絵具が紫外線の光を吸収したものと考えられる。

ワニス除去後に撮影した紫外線写真（図2(2)）も示す。上述のワニス除去前に比べて除去後の紫外線写真の方が撮像は明るい。ワニス除去は、絵画表面に塗られたワニスを全て取り除かず、画面保護のためワニスを表面に薄く残している。このため、除去前の方がワニス層は厚いため消光現象が起きやすく、除去後は消光しにくい。これにより、除去後に撮影した紫外線写真の方が、ワニス部の撮像は明るくなり、暗い撮像をした加筆の恐れのある部分はより明瞭になった。そして、ワニス層が薄くなったため、絵具層の蛍光も観察しやすくなり、赤色や黄色に蛍光する絵具の描写が認められた。この詳細については後述する。

以上の通り、保存修復の前調査で紫外線写真を撮影した大原から、図2(1)の破線で囲んだ部分に対し加筆の可能性が指摘されたことから、大下が各種写真撮影や科学分析による調査を行なった。

### 2.2 赤外線写真

赤外線写真では、キャンバスの白色地に描かれた下絵や赤外線の光に対する絵具の反射・吸収を観察する。キャンバスの白色地に赤外線の光を吸収しやすい木炭などで下絵が描かれ、その上に赤外線の光を

透過しやすい絵具を使って絵が描かれていれば、赤外線写真に下絵が写る。あるいは、絵具には、赤外線の光を反射しやすいものや吸収しやすいものがあり、これらを赤外線写真で観察できる。絵具が赤外線の光を反射しやすければ明るく（白く）、吸収しやすければ暗く（黒く）写る。赤外線の光に対する反射・吸収の性質は絵具の種類によって異なるため、赤外線写真に写った撮像の明暗から、赤外線の光に対して類似の性質をもった絵具の分布を判別できる。

このようなことから本作品の赤外線写真(図3(1))を撮影したが、下絵を観察することはできなかった。しかし、赤外線写真に写った絵具層の明暗には違いがあり、赤外線の光を反射しやすい絵具の分布（明るい撮像部）と吸収しやすい絵具の分布（暗い撮像部）を判別することはできた。このことから加筆の恐れのある部分（図2(1)の破線で囲んだ部分）とその周辺部分について、赤外線写真に写った撮像の明暗を比べたが、赤外線の光に対して類似の性質をもった絵具がいずれにも使用されていることがわかった。そして、ワニス除去後の赤外線写真（図3(2)）からもワニス除去前（図3(1)）と同様の撮像が得られた。このことから、赤外線写真の撮像に対しワニスは影響していないことを確認した。

### 2.3 斜光写真

斜光写真は、目視では判別の難しい絵画表面の微小な凹凸を観察できる。このため、斜光写真を撮影して、加筆の恐れのある部分を調べた。

斜光写真（図4(1)）からは、画面全体に小さな波打ちが散見され、キャンバスの木枠に沿った折れなども認められた。画面中央部の空や水面に黄色く厚塗りされた絵具の筆跡も確認できた。加筆が指摘された箇所については、絵具層が厚いなどの加筆の痕跡はなかった。このことから、加筆されていたとしても周辺部と同じように絵具が薄く塗られていると考えられる。

### 2.4 X線写真

油彩画のX線写真を撮影すると、キャンバスの木枠部は厚みがあり、キャンバス布を木枠に固定している金属の釘は重い元素を含むため、これらは白く（明るく）写る。しかし、絵画面は薄いため、これらに比べて黒く（暗く）写りやすい。この他にも、絵具層や下地層が剥落し、軽い元素からなる石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）を充填し修復された箇所はX線を透過しやすいため、周辺部よりも黒く（暗く）写る。絵具が厚塗りされたり、重い元素を含む絵具が塗られたりしていると、これらの描写部は周辺部よりも白く（明るく）写りやすい。

このようなことから本作品のX線写真（図4(2)）を撮影した。X線写真には、キャンバス周辺部の木枠や釘の形状が白く（明るく）写っていた。そして、画面中央部に描かれた水面に浮かぶ舟とその水面に映る影の周辺部、画面に向かって左側の木の周辺部は、舟や木の部分に比べて白く写っていた。これら白く写った部分は、舟や木の描写部よりも絵具が厚塗りされているためである。加筆の疑われる部分については、その周辺部に比べて厚塗りされたり、重い元素を含む絵具が塗られたりした筆跡は、X線写真からは認められなかった。このため、加筆されていたとしても薄く、周辺部と同種あるいは類似の絵具が使われている可能性がある。

### 2.5 蛍光X線スペクトル分析

蛍光X線スペクトル分析では、あるエネルギーのX線を絵具に照射すると、その絵具に含まれる顔料成分の元素に固有なエネルギーのX線（蛍光X線）を発生し、このエネルギー値から元素を同定する。そして、絵具の色相からある程度まで顔料の種類を絞り込み、検出された元素をもとに顔料の種類を推定す

る。このため、まず文献を調査し、モネが他の作品で使用していた絵具とモネが絵を描いていた時代に他の画家らが使用していた絵具の種類などを調べた<sup>2)~5)</sup>。この結果、モネが他の作品に使用していた絵具として、白色はシルバーホワイト、黄色はクロムイエロー・カドミウムイエロー・ジンクイエロー、赤色はバーミリオン・レッドオーカー・マダーレーキ・コチニールレーキ、青色はウルトラマリン・コバルトブルー、緑色はビリジアン・エメラルドグリーン、黒色はアイボリーブラックなどが報告されている。そして、モネの時代に他の画家が使用していた絵具として上述の絵具以外に、黄色はネーブルスイエロー・インディアンイエロー・イエローオーカー、茶色はバートシエナ・ブラウンマダーレーキ、青色はプルシャンブルーなども報告されている。これら以外の種類の絵具も使用されている可能性があるため、絵画材料事典<sup>6)</sup>に掲載されたものも参考にしながら分析を進めた。蛍光 X 線スペクトルを測定した箇所は、図 5 に測定点を示し、表 1 に分析結果をまとめた。蛍光 X 線スペクトル測定した箇所は、顕微写真 (図 6) も撮影して、目視では判別の難しい絵具の重なりや混ざり具合などを確認した。

まず、キャンバスの白色下地を測定した。キャンバス側面の絵具が塗られていない白色部 (測定点 1・2) からは Pb (鉛) のみが検出された。これら以外の絵画面の測定点 (測定点 3~67) からも Pb が検出されたため、キャンバスの白色下地はファンデーションホワイトと推定した。

次に、作品上段に描かれた空に使われている青色の絵具を測定した。測定点 8・30・31 からは Pb (鉛) 以外の元素は検出されなかった。本調査で使用した蛍光 X 線分析装置は Ca (カルシウム) より原子番号の小さな元素は検出されない。このため、空に使用された青色は、Ca より原子番号が小さな元素から組成されるウルトラマリンと推定される。空以外には、舟のマスト部 (測定点 28) にも青色が使われている。この青色からは Pb と Co (コバルト) が検出された。Pb が下地由来であれば、この青色は Co を含むコバルトブルーと推定される。このようにモネは、ウルトラマリンとコバルトブルーの 2 種類の青色を使い分けていることが明らかになった。

測定点 14・15 の小舟の緑や測定点 11 の陸地の緑の描写では、Cr (クロム) と下地由来の Pb (鉛) が検出された。このことから、この作品に使用された緑色はビリジアンと推定した。

そして、空や水面の描写に使われている黄色は、紫外線写真 (図 2(1)(2)) から明確には確認できないが、目視では微弱ながら黄色く蛍光している様子が散見された。これら黄色く蛍光している黄色の描写 (例えば測定部 6・7) からは、キャンバスの白色地由来の Pb (鉛) 以外の元素は検出されなかった。このことから、本装置では検出できない Ca (カルシウム) より原子番号の小さな元素からなる黄色のレーキ顔料と推定された。前述の文献調査から、これに該当するものはインディアンイエローのみであった。しかし、本原稿執筆時には、このインディアンイエローの蛍光性を十分に確認できておらず、今後検討を要する。本作品には一部蛍光しない黄色の描写 (測定点 5・54) もあった。この描写からは、Pb (鉛)・Cr (クロム)・Zn (亜鉛) が検出された。Pb が白色下地由来であれば、この黄色はジンクイエローと推定される。このように黄色は、レーキ顔料とジンクイエローが使用されていた。

上述の黄色以外にも赤く蛍光している赤色の描写や赤色の混色による描写が散見された。例えば、測定点 16・17 は目視により赤い蛍光が認められ、下地由来の Pb 以外に顔料成分の元素は検出されず、原子番号が Ca (カルシウム) より小さな元素からなる赤色のレーキ顔料と推定される。前述の文献調査から、これに該当するものはマダーレーキとコチニールレーキの赤色のレーキ顔料がある。しかし、これらについても現時点では蛍光性を十分に確認できておらず、今後検討する。

この他にも、褐色・黒色・灰色などの描写もあるが、本調査ではこれらの絵具を推定するまでには至らなかった。いずれの色からも下地由来の Pb (鉛) 以外に顔料成分に由来する元素は検出されていないことから、Ca (カルシウム) より原子番号の小さな元素からなる色材と推定される。褐色については、前

述の文献からブラウンマダーレーキあるいは混色により作り出した可能性がある。黒色は、前述の文献にはアイボリーブラックとあるが、本調査ではこの成分元素の一つである Ca (カルシウム) が検出されておらず、アイボリーブラックの可能性は低い。アイボリーブラックの代わりに、本装置では検出されない軽元素からなるランプブラックが使われた可能性はある。灰色については、白色のシルバーホワイトと上述のランプブラックの混色あるいは本装置では検出できない元素からなる黄色のレーキ顔料と青色のウルトラマリンの混色によるものかもしれない。あるいは、黒色と灰色は、軽元素からなる顔料の絵具を混ぜ合わせた可能性も残されるが、これらについては今後の課題として残る。

以上のように蛍光 X 線スペクトル分析では、モネのオリジナルの描写部と加筆の恐れのある描写部に使われた絵具の種類を推定した (表 1)。この結果、これらの描写部には、同種もしくは類似の絵具が使われていることがわかった。

### 3 科学調査のまとめ

紫外線写真から加筆の恐れのある描写があったため、各種写真撮影や科学分析によって調査した。調査では、モネのオリジナルの描写部と加筆の疑いのある描写部に使われている絵具の種類を調べ、これを明らかにしようとした。

まず、紫外線写真から、絵画表面にワニスがないところが明らかになった。そして、斜光写真と X 線写真からは、加筆の恐れのある部分はその周辺のオリジナルの描写と同じように絵具が薄く塗られていることがわかり、赤外線写真と蛍光 X 線スペクトル分析からは、モネのオリジナルの描写部と加筆の疑いのある描写部に同種あるいは類似の絵具が使われていることもわかった。

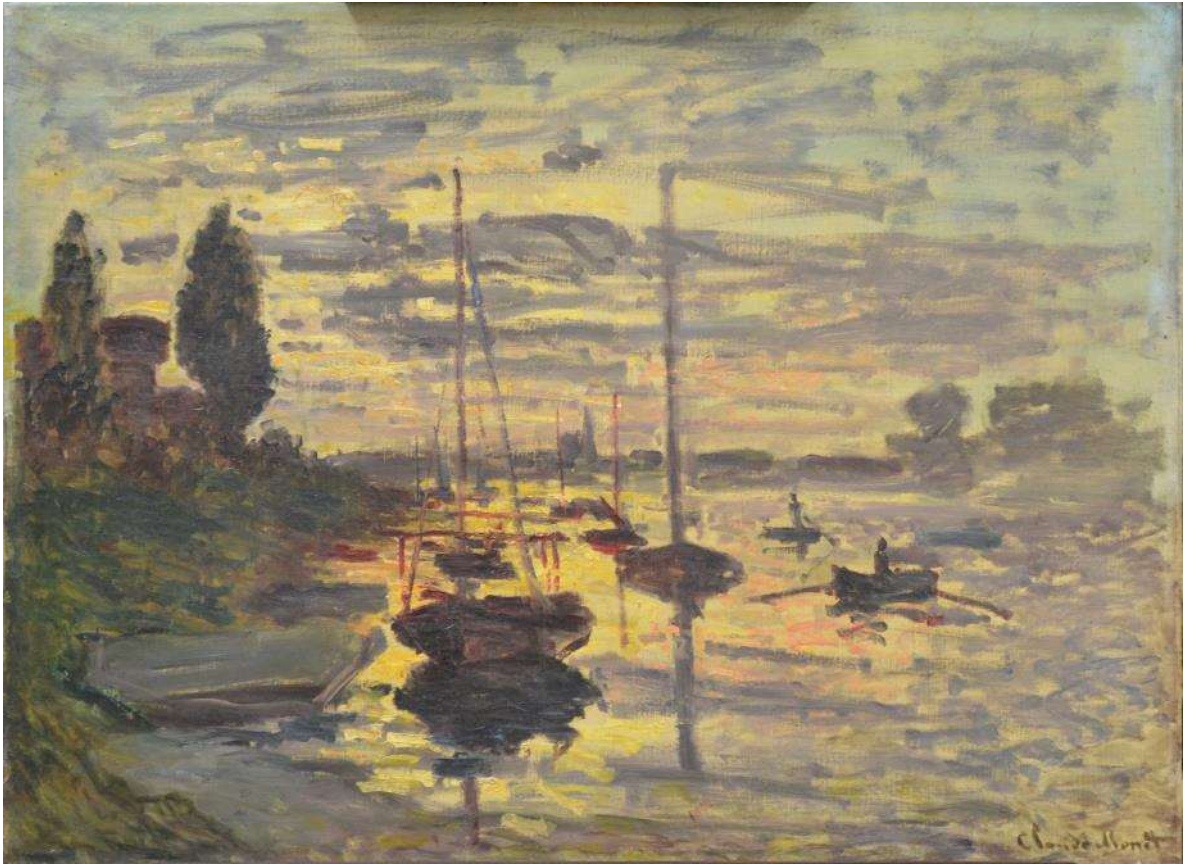
本調査から、加筆を断定するまでには至らないが、紫外線写真に写った加筆の恐れのある箇所は、保存修復前にはワニス絵画表面になかったこと、周辺部と同種あるいは類似の絵具が使用されていることまでは明らかになった。

絵具の種類推定については、モネが使用していた絵具や絵具の蛍光性などを文献調査し、標準試料の絵具を用意して蛍光性を実験的に確認し、この分析方法を検討するなどの課題は残されており、今後、新たな知見が得られれば改めて報告する。

### 文献

- 1) 下山進, 野田裕子: 分析化学, 49, pp.1015-1021 (2000).
- 2) Ashok Roy: National Gallery Technical Bulletin, 28, pp.58-68 (2007).
- 3) Perry Hurt: North Carolina Museum of Art, A supplement to the Revolution in Paint exhibition (September 17, 2006-February 11, 2007).
- 4) Federica Pozzi, Klaas Jan van den Berg, Inge Fiedler, Francesca Casadio: Journal of Raman Spectroscopy, 45, pp.1119-1126 (2014).
- 5) Paula Dredge, Richard Wuhner, Matthew R. Phillips: Microscopy and Microanalysis, 9, 139-143 (2003).
- 6) R・J・ゲッテンス, G・L・スタウト著, 森田恒之訳: 絵画材料事典 新装版, 美術出版社(1999).

(1) ワニス除去前



(2) ワニス除去後



図1 ワニス除去前後の通常写真（白色の可視光線による写真）

- (1) ワニス除去前 ※破線で囲んだ黒い撮像は加筆の恐れのある部分



- (2) ワニス除去後



図2 ワニス除去前後の紫外線写真



(1) ワニス除去前



(2) ワニス除去後



図3 ワニス除去前後の赤外線写真

(1) 斜光写真



(2) X線写真

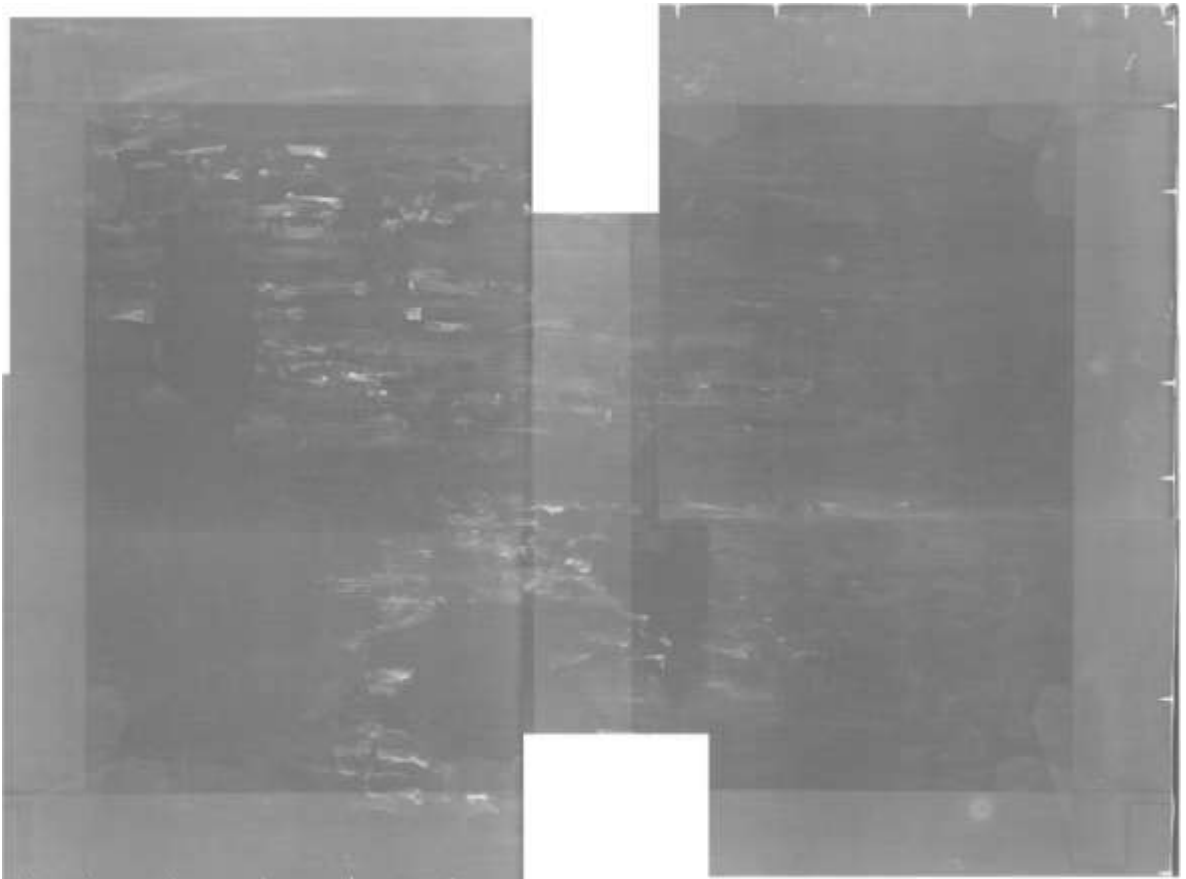


図4 フォーム除去前の斜光写真とX線写真



図5 蛍光X線スペクトルを測定した箇所（測定点1～20）



図5 蛍光X線スペクトルを測定した箇所（測定点21～40）



図5 蛍光X線スペクトルを測定した箇所（測定点41～60）



図5 蛍光X線スペクトルを測定した箇所（測定点61～67）

測定点 1



測定点 2



測定点 3



測定点 4



測定点 5



測定点 6



測定点 7



測定点 8



測定点 9



測定点 10



測定点 11



測定点 12



測定点 13



測定点 14



測定点 15



測定点 16



測定点 17



測定点 18



測定点 19



測定点 20



図6 ワニス除去後の顕微写真（測定点1～20）

測定点 21



測定点 22



測定点 23



測定点 24



測定点 25



測定点 26



測定点 27



測定点 28



測定点 29



測定点 30



測定点 31



測定点 32



測定点 33



測定点 34



測定点 35



測定点 36



測定点 37



測定点 38



測定点 39



測定点 40



図 6 ワニス除去後の顕微写真（測定点 21～40）



測定点 41



測定点 42



測定点 43



測定点 44



測定点 45



測定点 46



測定点 47



測定点 48



測定点 49



測定点 50



測定点 51



測定点 52



測定点 53



測定点 54



測定点 55



測定点 56



測定点 57



測定点 58



測定点 59



測定点 60



図6 ワニス除去後の顕微写真（測定点 41～60）

測定点 61



測定点 62



測定点 63



測定点 64



測定点 65



測定点 66



測定点 67



図 6 ワニス除去後の顕微写真（測定点 61～67）

表1 蛍光X線スペクトル分析の結果

測定点	目視色	測定時間 /秒	検出元素 <sup>1</sup>	推定色材 <sup>2</sup>	推定絵具 <sup>2</sup>
1	白	600	Pb	白) 2PbCO <sub>3</sub> ·Pb(OH) <sub>2</sub>	白) ファンデーションホワイト
2	白	600	Pb	白) 2PbCO <sub>3</sub> ·Pb(OH) <sub>2</sub>	白) ファンデーションホワイト
3	淡黄	600	Pb	黄) レーキ顔料	黄) インディアンイエロー
		2400	Pb		
4	黄	600	Pb	黄) レーキ顔料	黄) インディアンイエロー
		2400	Pb		
5	濃黄	600	Pb、(Cr)、(Zn)	黄) ZnCrO <sub>4</sub>	黄) ジンクイエロー
		2400	Pb、Cr、Zn		
6	濃黄	600	Pb	黄) レーキ顔料	黄) インディアンイエロー
7	濃黄	600	Pb	黄) レーキ顔料	黄) インディアンイエロー
8	淡青	600	Pb	青) Na <sub>8-10</sub> Al <sub>6</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>24</sub> S <sub>2-4</sub>	青) ウルトラマリン
9	淡黄	600	Pb	黄) レーキ顔料	黄) インディアンイエロー
10	淡灰	600	Pb	—	—
11	濃緑	600	Pb、Cr	緑) Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·2H <sub>2</sub> O	緑) ビリジアン
12	淡灰	600	Pb、(Cu)	—	—
13	淡黄	600	Pb、(Cu)	黄) レーキ顔料	黄) インディアンイエロー
14	緑	600	Pb	緑) Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·2H <sub>2</sub> O	緑) ビリジアン
		1800	Pb、Cr		
15	緑	600	Pb、Cr	緑) Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·2H <sub>2</sub> O	緑) ビリジアン
16	赤	600	Pb	赤) レーキ顔料	赤) マダーレーキ or コチニールレーキ
		2400	Pb		

1 ( )の表記は検出が不確かな元素を示す。キャンバス下地由来の Pb は全ての測定点から検出された。

2 —の表記は色材や絵具を推定できなかったことを意味する。

表1 蛍光X線スペクトル分析の結果（前頁の続き）

測定点	目視色	測定時間 /秒	検出元素 <sup>1</sup>	推定色材 <sup>2</sup>	推定絵具 <sup>2</sup>
17	淡赤	600	Pb、(Hg)	赤) レーキ顔料	赤) マダーレーキ or コチニールレーキ
		2400	Pb、(Hg)		
18	濃茶	600	Pb	—	—
		2400	Pb		
19	茶	600	Pb	—	—
		2400	Pb		
20	濃緑	600	Pb、Cr	緑) $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 青) $\text{CoO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	緑) ビリジアン 青) コバルトブルー
		2400	Pb、Cr、Co		
		4200	Pb、Cr、Co		
21	濃緑	600	Pb、Cr	緑) $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	緑) ビリジアン
22	濃緑	600	Pb、Cr、Co	緑) $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	緑) ビリジアン
		2400	Pb、Cr、Co	青) $\text{CoO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	青) コバルトブルー
23	黄+緑	600	Pb、Cr	緑) $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	緑) ビリジアン
		2400	Pb、Cr	黄) レーキ顔料	黄) インディアンイエロー
24	黄緑	600	Pb、Cr	緑) $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	緑) ビリジアン
		2400	Pb、Cr	黄) レーキ顔料	黄) インディアンイエロー
25	濃茶	600	Pb	—	—
		2400	Pb		
26	橙	600	Pb	赤) レーキ顔料 白) $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$	赤) マダーレーキ or コチニールレーキ 白) シルバーホワイト

1 ( )の表記は検出が不確かな元素を示す。キャンバス下地由来の Pb は全ての測定点から検出された。

2 —の表記は色材や絵具を推定できなかったことを意味する。

表1 蛍光X線スペクトル分析の結果（前頁の続き）

測定点	目視色	測定時間 /秒	検出元素 <sup>1</sup>	推定色材 <sup>2</sup>	推定絵具 <sup>2</sup>
27	濃灰	600	Pb、Cr	—	—
		2400	Pb、Cr		
28	淡青	600	Pb、Co	青) CoO・Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	青) コバルトブルー
		2400	Pb、Co		
29	淡青	600	Pb、Cr、Co、 Cu	青) CoO・Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	青) コバルトブルー
		2400	Pb、Cr、Co、 Cu		
30	淡青	600	Pb	青) Na <sub>8-10</sub> Al <sub>6</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>24</sub> S <sub>2-4</sub>	青) ウルトラマリン
31	淡青	600	Pb	青) Na <sub>8-10</sub> Al <sub>6</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>24</sub> S <sub>2-4</sub>	青) ウルトラマリン
32	緑味の灰	600	Pb、Cr、Cu	緑) Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ・2H <sub>2</sub> O	緑) ビリジアン
		1200	Pb、Cr、Cu	灰) —	灰) —
33	緑味の淡灰	600	Pb、Cu	緑) Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ・2H <sub>2</sub> O 灰) —	緑) ビリジアン 灰) —
		1200	Pb、Cr、Cu		
		2400	Pb、Cr、Cu		
34	緑味の濃青	600	Pb、Cr、Co	緑) Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ・2H <sub>2</sub> O 青) CoO・Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	緑) ビリジアン 青) コバルトブルー
35	濃灰	600	Pb	—	—
36	濃灰	600	Pb	—	—
37	褐色味の濃灰	600	Pb	—	—
38	褐色味の濃灰	600	Pb	—	—
39	褐色味の濃灰	600	Pb	—	—
40	褐色味の濃灰	600	Pb	—	—

1 ( )の表記は検出が不確かな元素を示す。キャンバス下地由来の Pb は全ての測定点から検出された。

2 —の表記は色材や絵具を推定できなかったことを意味する。

表1 蛍光X線スペクトル分析の結果（前頁の続き）

測定点	目視色	測定時間/秒	検出元素 <sup>1</sup>	推定色材 <sup>2</sup>	推定絵具 <sup>2</sup>
41	褐色味の淡灰	600	Pb	—	—
42	褐色味の濃灰	600	Pb	—	—
43	褐色味の濃灰	600	Pb、Cu	—	—
44	褐色味の濃灰	600	Pb	—	—
45	褐色+濃灰	600	Pb	—	—
46	青味の濃灰	600	Pb、(Co)	青) CoO・Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	青) コバルトブルー
		2400	Pb、Co、Cu	灰) —	灰) —
47	濃灰	600	Pb	—	—
48	淡黄	600	Pb	黄) レーキ顔料	黄) インディアンイエロー
49	黒	600	Pb	—	—
50	濃灰	600	Pb	—	—
51	淡黄(上層)+濃灰(下層)	600	Pb	黄) レーキ顔料 灰) —	黄) インディアンイエロー 灰) —
52	淡橙(上層)+濃灰(下層)	600	Pb	—	—
53	淡黄(上層)+濃灰(下層)	600	Pb	黄) レーキ顔料 灰) —	黄) インディアンイエロー 灰) —
54	黄	600	Pb、Zn	黄) ZnCrO <sub>4</sub>	黄) ジンクイエロー
		2400	Pb、Zn、Cr		
55	淡黄	600	Pb	黄) レーキ顔料	黄) インディアンイエロー
56	淡黄(上層)+濃灰(下層)	600	Pb	黄) レーキ顔料 灰) —	黄) インディアンイエロー 灰) —

1 ( )の表記は検出が不確かな元素を示す。キャンバス下地由来の Pb は全ての測定点から検出された。

2 —の表記は色材や絵具を推定できなかったことを意味する。

表1 蛍光X線スペクトル分析の結果（前頁の続き）

測定点	目視色	測定時間/秒	検出元素 <sup>1</sup>	推定色材 <sup>2</sup>	推定絵具 <sup>2</sup>
57	淡黄	600	Pb	黄) レーキ顔料	黄) インディアンイエロー
		2400	Pb		
58	淡黄	600	Pb	黄) レーキ顔料	黄) インディアンイエロー
59	濃灰	600	Pb	—	—
60	濃灰	600	Pb	—	—
61	淡黄	600	Pb	黄) レーキ顔料	黄) インディアンイエロー
62	黄	600	Pb	黄) レーキ顔料	黄) インディアンイエロー
63	黄	600	Pb	黄) レーキ顔料	黄) インディアンイエロー
64	濃灰	600	Pb	—	—
65	淡黄	600	Pb	黄) レーキ顔料	黄) インディアンイエロー
66	緑味の褐色	600	Pb、Cu	—	—
67	緑味の褐色	600	Pb、Cu	—	—
		2400	Pb、Cu		

1 ( )の表記は検出が不確かな元素を示す。キャンバス下地由来の Pb は全ての測定点から検出された。

2 —の表記は色材や絵具を推定できなかったことを意味する。

# ピエール=オーギュスト ルノワールの油彩画《母性》のベースになった デッサンの保存・展示方法の検討および色材の非破壊科学調査

鈴木英治<sup>1</sup>・大下浩司<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 吉備国際大学 アニメーション文化学部 アニメーション文化学科・文化財総合研究センター

<sup>2</sup> 吉備国際大学 外国語学部 外国学科・文化財総合研究センター

姫路市立美術館が所蔵する國富奎三コレクションの中にピエール=オーギュスト ルノワールが描いた油彩画《母性》のベースになったデッサン（図4(1)）がある。このデッサンについて同美術館の依頼により対象作品の描画材の脆弱性（主として耐光性）と本紙の劣化状態の調査、今後の保存・展示方法の検討を行った。本検討は、鈴木がデッサンの状態調査を行ない、デッサンに使用された可能性のある色材の種類やその性質を調べ、これらをもとに保存・展示方法を検討した。そして、大下がデッサンに使用された色材の種類を同定するために、鈴木と協議しながら各種写真の撮影や科学分析などの非破壊科学調査を行なった。本検討は、鈴木が全体を統括し進めた。

## I 展示・保存方法の検討

### 1 調査目的

過去に、対象作品ピエール=オーギュスト・ルノワール作「母性」のコンディションを修復家に見てもらった時に「このインクは大変劣化、退色しやすく、紙も劣化が激しいので、展示は出来るだけ控えた方が良い」とのアドバイスを受け、これまでほとんど展示をおこなって来なかった。しかし、本作品は國富奎三コレクションの中でも重要なものであり、今回の美術館のリニューアルを機会にできる限りの公開を行いたいとの方針から、改めて退色、劣化の危険性の程度を調査し、脆弱性が認められたとしても厳密な一定の管理基準を作成し、そのもとで作品を公開する可能性の検討を目的として行われた。

そのための具体的な調査は

- ①各種写真の撮影や複数の科学分析などの非破壊科学調査により、使用インクの同定を行いその脆弱性を確認する。
- ②本紙の劣化状態を調査し必要な保存処置について検討を行う。

### 2 調査について

#### 2.1 対象作品について

対象作品

- \* 母性 (Maternity)
- \* ピエール=オーギュスト・ルノワール
- \* 1885 年頃
- \* 70.0×53.0



現状の作品の状態は、素描が描かれた薄い本紙とバックアップの厚紙が添合されている。薄い紙に描かれた後に厚紙に接着されたのか、あらかじめ添合されたものに描かれたのかは不明であるが調査で判明した本紙の浮きやの発生や修理の状態から考えると描かれてからかなり後に接着されたと考えられる。

本紙には数カ所の損傷が認められる。大きいものは左上角と母の顔の左の破れで、この二点は本紙が欠損しており裏から補修紙で補填されている。また、左手の肘の上から右の紙の端まで強い折れ跡があり補修がされている。

## 2.2 調査内容

### ①色材について

色材の調査にあたっては、科学分析を行う前に目視及び実体顕微鏡による観察を行った。赤味の強いコンテあるいはチョーク状のものと、ペンによる描画されたセピア色（褐色）のインクと思われる色材の二種類が認められた。セピア色のインクは濃淡の変化があり、薄いところは消え掛かっている様にも見えるが、経時的な変化の記録がないので断定はできないが制作当初から薄い色彩で描かれたのではないかとも思われる。

その時代で使用されたと考えられる褐色の描画材としては、鉄タンニンインク、セピア、ビスタなどが考えられるが、描画の中心となっているセピア色の色材は、実体顕微鏡での紙への固着状態の観察からセピア<sup>(注1)</sup>あるいはビスタ (Bister)<sup>(注2)</sup>の可能性が高いと判断した。ともに正しく調整された鉄タンニンインクや顔料系の絵具に比較すれば耐光性が低い素材である。

セピアが素描用のインクとして一般的に使用される様になるのは18世紀後半からと考えられている。一方ビスタは耐久性の低さから近代に入ると使用されなくなるので、ルノワールの本作品への使用の可能性は低いと判断した<sup>1)</sup>。そこで調査の比較資料としてセピアを使用したサンプルを作成と、各種写真の撮影や科学分析などを大下に行ってもらったこととした。

インクとしてのセピアは現在でも各地で製造されておりとはいえリストアップできるのが十数点少々、その内で恒常的に生産供給しているものが何点あるのかは不明—日本でも染料としての使用を含めると複数の事例が認められた。その中で、鳥取市の(有)万年筆博士が販売している二種類の『イカ墨セピアインク (dark, right)』が生産、販売実績もしっかりしており、それを比較サンプル用として選択した。

## 2.3 支持体（本紙、バックアップの紙）の調査

目視の結果では、本紙は比較的薄いに変色はそれほど強くはないことから、製紙原料はリグニンなどをあまり含まないものと考えられる。また、強度の硬化・脆弱化などの兆候も感じられない。バックアップの紙も、変色や硬化などの顕著な経年劣化は認められず、おそらく質の悪くない紙が使用されていると考えられる。

次に、斜光による表面状態の観察と実体顕微鏡による表面状態及び繊維の観察を行った。

斜光による観察では、美術館で額装のガラス越しでは確認できなかった本紙の浮きがかかなり広範囲に生じていることがわかった（図1）。おそらく接着剤の劣化と本紙とバックアップの紙の伸縮の差（湿度変化による）によって生じたものと考えられる。

実体顕微鏡による観察では本紙の原料繊維はかなり細いもので緻密な紙であることがわかる。繊維が白色あるいは黄色の物質に覆われているので強くサイジングがされているか、添料が加えられている表

面の滑らかな紙と考えられる（図2）。

また本紙については、Merck 製 pH-indicator strips (non-bleeding) pH2.0-9.0 と日本薬局方準拠の精製水を使用して表面 pH を測定した。その結果は pH 5.5 程度を示した。酸性側にかたよった値ではあるが、一般に精製水そのものの pH を測定すると 6.0~5.0 程度を示すので、時を経過した弱アルカリ成分を含まない紙としては大きな問題はないと評価できる。

## 4 調査のまとめ

### 4.1 インクの同定結果

詳しくは大下の「4 科学調査のまとめ」を参照。インクの物質を確定することはできなかったが、セピアである可能性は高いという印象を持った。とすればセピアであった場合の展示方法の改善と展示基準立案・実施を検討することになる。

具体的には展示における損傷の低減するために照明を最適化し、さらに厳密な紫外線防止の亚克力（もしくはガラス）の導入などが考えられる。また展示制限の基準は、展示物の光に対する脆弱性を三段階に分けて設定する例が一般的である。国内の例では JIS、ICOM（博物館）、照明学会がそれぞれ公開している。それぞれ設置のコンセプトや数値が異なっているが、その詳細な内容はここでは紹介しないが<sup>2)</sup>、JIS を除けばいずれも国際基準に基づいている。では資料の厳密な管理を考えた時、最も光に敏感な（影響を受けやすい）思慮の基準にすれば良いのか？を考えると疑問を感じる。三段階の分類は資料のカテゴリ設定によって分けられているので、素描はどのような紙に何で描かれていても照度 50lx（以下）、色温度 2900K が展示基準となる。照度は上限基準なので不安があれば下げれば良いが、下げれば鑑賞を妨げることになる。特定の資料の展示基準を厳密に設定しようとするれば、資料を構成する素材の耐久（光）性を考慮すべきであることは明白である。そのためには素材の性質を示す資料が不可欠なのだが、今回セピアについて調査した過程で強く感じたことがそうした資料が無いということである。当初、漠然とセピアは退色しやすい素材と思っていたが、根拠となる資料を知っていた訳ではなかった。調べていくと耐光性は比較的高いという意見も多いことに気がつく。しかしこれも根拠が明示されている訳ではない。セピアやビスタが光に対して脆弱であるとすればどの程度なのか？それがわからなければ保存と利用（公開）を調和した展示は不可能だろう。

### 4.2 本紙の調査結果について

本紙の劣化に関しては現状で大きな問題は発生していないと考える。紙の劣化の大きな要因は生物学的被害によるものと化学的な変化による劣化・損傷であるが、まず生物学的被害は適切な保管環境が維持されてゆけば問題は発生しないであろう。化学的な変化も、低リグニンの紙であり酸性物質もそれほど含まない紙なので急速な劣化の進行の恐れも少ないと考える。

斜光写真によって本紙とその下のやや厚い紙との間に浮きが発生しているのが確認されたが、この状態からも描画されている本紙の劣化が重大なものではないことが確認出来た。

さて、この状態をどう評価するかは難しいが

- ①現状では鑑賞に大きな影響を与えていない。展示照明下では認識できず、鑑賞の障害にはなっていない。
- ②本紙の柔軟性が保たれている。浮きによって本紙に亀裂などが生じる可能性は現状では低い。
- ③浮きの広がりはかなり広範ではあるがそれぞれは比較的小さい規模である。

などの点から、現時点で積極的な処置—本紙の剥離、裏打ち等—は行わず、厳密化な保管環境管理と定

期的な点検による浮きの拡大の監視を行い、進行が認められた場合に新たな処置を検討する。ただし、処理の遂行は作品への大きな負担と危険を含むものとする。したがって、現状維持を最重要と考えて管理を行う必要がある。

(注1) このセピアはコウイカの墨を原料として作られたインクを指す。ヨーロッパでは中世に墨(carbon)とともに筆記材料として使用されてきた。イカスミの主成分(黒色の色素)はメラニンである。生物由来の物質としては安定性が高い。

(注2) 木材を燃やしたときに樹脂分が分解して発生する油煙から作る褐色の色材。水彩絵具の顔料として使われる。ビスタの仕様記録は15世紀まで遡るが、近代に入って耐久性が低いことから実用はされなくなった。

## 文献

- 1) 「新装版 絵画材料辞典」 1999年 美術出版社
- 2) 「文化財の保存環境 東京文化財研究所編」 2011年 中央公論美術出版



图 1 斜光写真

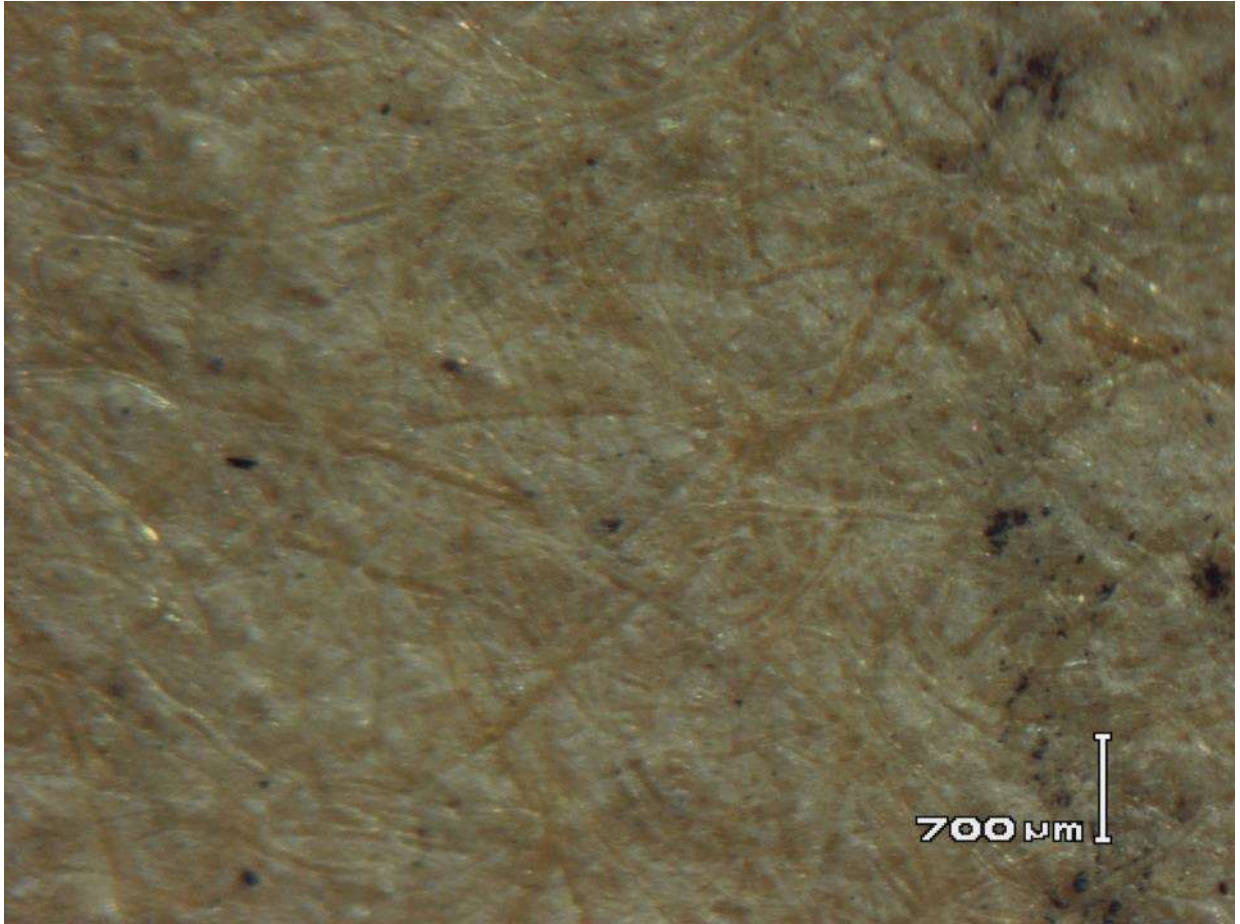


図2 本紙表面の拡大写真

## II 科学調査

デッサンに使用された色材の種類を同定するため、赤外線写真・紫外線写真・斜光写真・顕微写真の撮影と反射スペクトル・蛍光 X 線スペクトルの測定による非破壊科学調査を行なった。

### 1 標準試料

色材を同定するためには、ある程度まで色材の種類を絞り込みこれを標準試料として用い、デッサンに使用された色材と標準試料の各種写真や測定データを比較し行なう。本調査では、デッサンに使用された色材としてセピアの可能性が示唆されたことから、これを標準試料に用いた。

セピアは、鈴木が現在入手可能なものを調べ、HAKASE TOTTORI 製の Real Sepia Ink (イカ墨セピアインク) の Light と Dark の 2 種類を購入し、大下が科学調査のための標準試料 (図 3(1)) を調製した。絵筆を使って白色紙 (キャンソン、ミ・タント、ホワイト) にセピアを塗り、自然乾燥後に調査へ供した。白色紙は蛍光増白剤が表面に塗布されていないものを用いた。

### 2 科学調査の方法

デッサンおよび標準試料について、赤外線写真・紫外線写真・斜光写真・顕微写真の撮影ならびに反射スペクトル・蛍光 X 線スペクトルの測定を行なった。また、反射スペクトルと蛍光 X 線スペクトルの測定点を記録するため、通常写真 (白色の可視光線による写真・図 3(1)と図 4(1)) も撮影した。これらの方法を以下に記す。

赤外線写真・紫外線写真・斜光写真・通常写真の撮影は、被写体 (デッサンまたは標準試料) をイーゼルに立て掛け固定し、その正面前方にカメラを三脚に取り付け配置して、リモコンを用いてシャッターを切った。

通常写真と紫外線写真の撮影には、ニコン・D5100 のデジタル一眼レフカメラを用いた。作品に対して正面から光が当たるように、カメラの横に白色ライトと紫外線ライトを順次設置し、白色光もしくは紫外線の光を被写体に当て撮影した。紫外線写真の撮影は、調査が安全に行なえる範囲で部屋をなるべく暗くし、紫外線ライトが発光する光のみを撮影できる条件を探り行なった。このとき、被写体に対する紫外線の光の照射はなるべく短時間に抑えた。そして、斜光写真では、デッサンの側面から白色 LED ライトの光を当て撮影した。

赤外線写真の撮影では、ペンタックス・645D IR の赤外線カメラを使用し、2 台の赤外線ライトを用いて、被写体に対し左右前方から赤外線の光を当てた。まず通常写真 (白色の可視光線による写真) を撮影して被写体にピントを合わせた後、可視光線の光をカットし赤外線の光のみを透過しやすい IR フィルター (富士フィルム・IR86) をカメラのレンズ前面に取り付け、レンズ部の赤外線指標を使い赤外線の光に対してピントを合わせ、赤外線写真を撮影した。撮影した赤外線写真は、Windows 付属の Picture Manager ソフトで開き、撮像の明暗を判別しやすいようにグレースケールの (灰色の明暗による) 画像に調整し、これをもとに赤外線写真を解析した。

顕微写真は、デジタル顕微鏡モードの機能が付いたコンパクトデジタルカメラ (リコー・WG5 GPS) を用いて撮影した。このカメラは、通常の方法では被写体にレンズ部を接触させ顕微写真を撮影するが、本調査ではレンズ部が被写体に接触しないようにカメラを手に持ち、レンズ部をなるべく被写体に近づけて撮影した。

以上のような各種写真撮影による調査に加え、反射スペクトルと蛍光 X 線スペクトルの科学分析も行

なった。科学分析では、標準試料およびデッサンを机の上に水平に静置し行なった。

反射スペクトルの測定では、光源・分光検出器・二分岐光ファイバーからなるオーシャン옵ティクス製の分光光度計の装置を用いた。測定は、光ファイバー先端部を手で持ち、測定点に向け行なった。本調査では、可視～近赤外域（380～1000nmの波長域）の反射スペクトルを測定した。

蛍光 X 線スペクトルの測定は、AMPTEK 製の各種デバイスからなるポータブル蛍光 X 線分析装置を使用した<sup>1)</sup>。机の上に静置したデッサンあるいは標準試料の上方から装置の検出部を測定点に近づけ固定し非接触で測定した。本調査に使用した蛍光 X 線分析装置では、測定点の中心から概ね半径 6mm の範囲内に含まれる原子番号が Ca（カルシウム）以上の元素が検出される。

これら反射スペクトル分析と蛍光 X 線スペクトル分析による標準試料とデッサンの測定点は図 3(4)と図 6 にそれぞれ示した。

### 3 科学調査の結果と考察

#### 3.1 赤外線写真

赤外線写真には、赤外線の光に対する物質の反射と吸収の強度がグレースケール（灰色の明暗）で写る。本調査のようにデッサンの赤外線写真を撮影すると、赤外線の光を強く吸収する色材であれば黒く、弱い吸収であれば灰色に、吸収せず反射すれば白く写りやすい。そして支持体の紙は、赤外線の光を反射し、デッサンの描写よりも白く（明るく）写りやすい。

まず、標準試料として用意した濃淡の異なる Dark タイプと Light タイプのセピアの赤外線写真（図 3(2)）を撮影した。線描部は灰色様に写っており、赤外線の光を弱いながら吸収していた。Dark タイプと Light タイプのセピアでは、両者に大きな違いはなかった。

デッサンの赤外線写真（図 4(2)）では、線描部が細くわかりにくいのが、標準試料のセピアと同じように線描部が灰色に写っている。このことから、この線描部は、赤外線の光を吸収しやすい木炭のような強い吸収を示さず、セピアと同程度の弱い吸収であることがわかった。

#### 3.2 紫外線写真

紫外線写真は、紫外線の光に対する物質の反射・吸収・蛍光を観察するために撮影する。本調査で使用したカメラであれば紫外線の光に対する感度があるため、物質が紫外線の光を反射すれば青く写り、吸収すれば黒く写る。そして、蛍光すれば、明るい青色もしくは青色以外の色に写る。これは、物質が吸収した光の波長よりも長波長の光を蛍光するためである。

まず、セピアの標準試料を撮影した紫外線写真（図 3(3)）には、セピア 2 種は黒く写っていた。このことから、セピアは、紫外線の光を吸収し反射せず蛍光しないことがわかった。支持体の白色紙は、蛍光増白剤が塗布されていないものを使用したため、この青い撮像には、紙が紫外線の光を反射している様子が写っている。目視でもセピアと紙が蛍光している様子は認められなかった。

図 5(1)のデッサンの紫外線写真では、線描部が黒く写っていた。このため、線描部の色材は、標準試料のセピアと同じように、紫外線の光を吸収し反射せず蛍光しにくいことがわかった。支持体の紙は青く写っているが、目視では蛍光している様子が認められないことから、紫外線の光を反射しているためと考えられる。そして、デッサンに向かって左上の補修紙部分と本紙部分では、撮像の色が異なるように見えた。これらの撮像の色を確認するため、Windows 付属のペイントソフトで紫外線写真を開きこれらの色を調べると、色は類似していたが明るさが異なっていた。このため、これらの撮像の違いは、紫外線の光に対する紙の反射率が異なるためと考えられる。この他にも、撮像の明るさが異なる部分が幾

つかあり、これらは過去に行なわれた修復の痕跡かもしれない。

### 3.3 斜光写真

斜光写真では、作品の側面から白色光を当て生じた画面表面の凹凸や波打ちの部分の陰影を観察する。デッサンの斜光写真(図5(2))を撮影すると、支持体である紙の表面には、目視では気が付かないほど微細な凹凸や波打ちが画面全体に広がっていることを確認できた。そして、デッサンの中央部右側の辺りには折れがあり、デッサン上半分には微細な凹凸も幾つかあった。

### 3.4 反射スペクトル分析

本分析では、照射光に対する色材の反射や吸収の強度を反射スペクトルとして測定する。光に対する色材の反射・吸収はその化学構造や組成成分によって決まる。このため反射スペクトルから色材を同定したり、異同識別をしたりすることもある。そして、可視光線の光に対する反射スペクトルからは、色材の色相・明度・彩度などを見積ることもできる。

このようなことから、まず、標準試料のセピア2種の反射スペクトルを測定した(図7)。この測定から、セピアは、可視光線域の短波長の光を吸収し、長波長の光を反射しやすく、明度と彩度の低い褐色の反射スペクトルの特徴を示した。また、近赤外線域では弱い吸収を示しており、このことは前述の赤外線写真から得られた結果とも一致している。

そして、デッサンの線描部についても反射スペクトルを測定した(図8)。線描には、目視では褐色(測定点5・6・7・8)または赤色(測定点3・4)に見える色材が使われていた。これらを測定すると、いずれからも類似の形状をした反射スペクトルが得られた。しかし、これは、線描部周辺の紙の反射光を検出したためと考えられる。線描が細いため、測定時に線描の色材のみに光が当たらず、周辺部の紙へも光が当たり紙からの反射光も測定した。このため本分析では、装置の構造上、色材の反射スペクトルを測定することができなかった。

### 3.5 蛍光X線スペクトル分析

蛍光X線スペクトル分析は、あるエネルギーのX線を色材に照射し、その色材に含まれる成分元素がX線を吸収してその元素に固有なエネルギーの蛍光X線を発生し、この蛍光X線を測定して元素が検出される。この検出された元素と色材の色相をもとに色材の種類を同定する。

まずセピアの標準試料では測定点1~6までを測定し、いずれからもCa(カルシウム)が検出された。しかし、これらの検出強度は9~13cps程度と小さく、セピア(測定点1~4)からも紙(測定点5~6)からも同程度のCaが検出された。このためこのCaは紙由来のものであり、セピア由来のものではないと考えられる。

次に、デッサンの褐色と赤色の線描部、支持体の紙を測定した(測定点1~6)。この結果、いずれの測定点からもCa(カルシウム)とFe(鉄)が検出された。検出強度は、Caでは1~7cps、Feでは7~12cps程度と小さかった。褐色の線描部(測定点5~6)、赤色の線描部(測定点3~4)、支持体の紙(測定点1~2)からも、同程度のCaとFeがそれぞれ検出された。標準試料に比べてデッサンの線描は細く、本調査で使用した分析装置のCaやFeに対する感度も低いため、これらの検出強度に有意な差が生じなかった恐れもある。このようなことから本分析では、褐色と赤色の線描に使われた色材の種類を同定するには至らなかった。



### 3.6 顕微写真

目視では判別が難しい場合でも、顕微写真を撮影すれば、紙の繊維に対する色材の固着状態を観察しやすくなる。撮影した顕微写真を拡大すれば、更に細かく観察することもできる。このようなことから、標準試料とデッサンについて、各測定点の顕微写真を撮影した。

標準試料のセピアの顕微写真（図 9）から、紙の繊維表面には粒子状の色材は見当たらず、褐色の色材成分が繊維内部へ浸透している様子がわかる。

同じようにデッサンの顕微写真（図 10）からも、褐色（測定点 5～8）の色材は、紙の繊維内部まで浸透し、繊維表面に粒子が付着している様子は認められない。そして、赤色（測定点 3～4）については、粒子状の色材が繊維表面に付着している様子を確認できた。これらのことから、褐色の色材の固着状態はセピアに類似しており、赤色の色材では粒子状のものが固着しているため顔料の可能性が高い。

## 4 科学調査のまとめ

以上のように、ルノワールのデッサンを科学調査したが、褐色と赤色の線描に使用された色材の種類を同定することはできなかった。

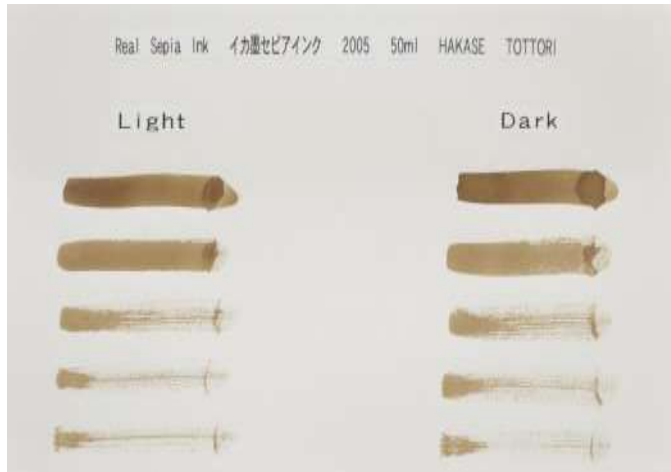
この科学調査を通じて明らかになった褐色と赤色の線描部の特徴は、赤外線の光を弱いながら吸収すること、蛍光しないこと、紫外線の光を吸収することであった。そして、顕微写真から、紙の繊維に対する褐色の固着状態はセピアと類似しており、赤色は顔料と推定された。そして、蛍光 X 線スペクトル分析では、色材もしくは紙由来かは判別できなかったが、褐色および赤色の線描部からは Ca（カルシウム）と Fe（鉄）しか検出されなかった。

以上のことから、褐色と赤色の色材は、Ca や Fe を成分とする色材、もしくは本装置では検出できない原子番号が Ca より小さな元素からなる色材に絞られる。そして、褐色は、固着状態がセピアに類似していることから有機顔料あるいは有機染料、赤色は、粒子状の色材が繊維に固着していたことから  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ （酸化鉄(III)）のような無機顔料の可能性がある。

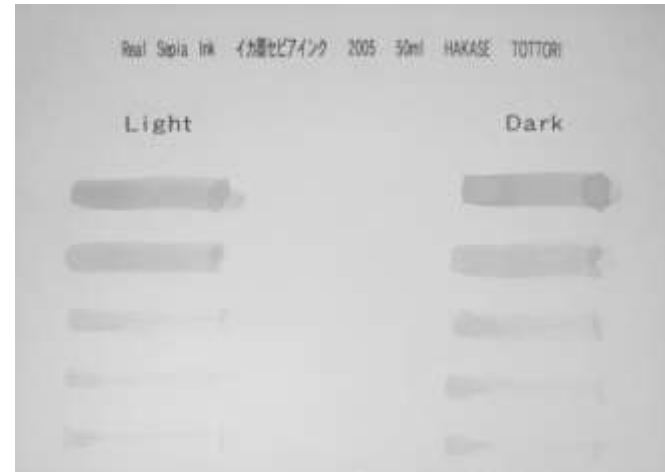
## 文献

- 1) 下山進, 野田裕子: 分析化学, 49, pp. 1015-1021 (2000).

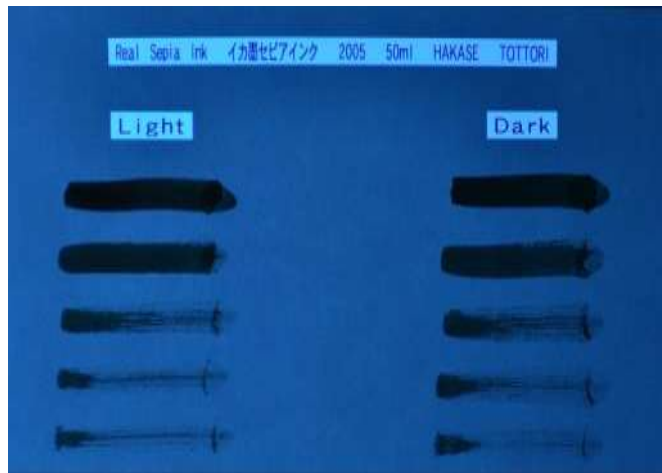
(1) 通常写真（白色の可視光線による写真）



(2) 赤外線写真



(3) 紫外線写真



(4) 測定点

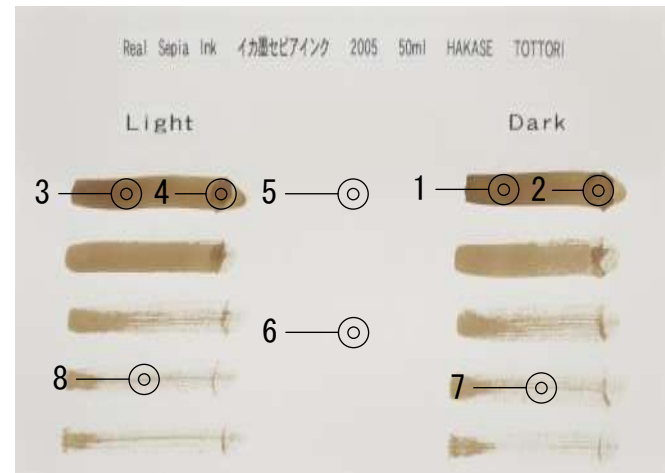


図3 標準試料（セピア2種）の通常写真（白色の可視光線による写真）・赤外線写真・紫外線写真・測定点

(1) 通常写真（白色の可視光線による写真）



(2) 赤外線写真

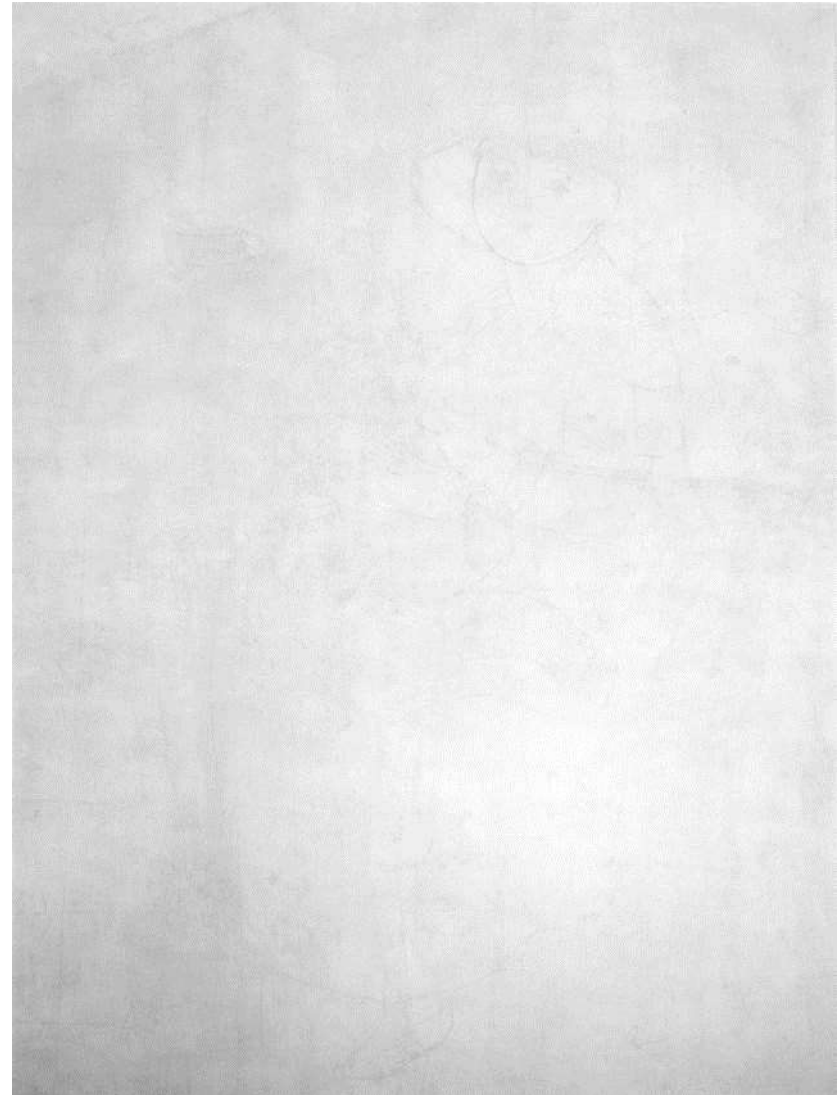


図4 デッサンの通常写真（白色の可視光線による写真）と赤外線写真

(1) 紫外線写真



(2) 斜光写真



図5 デッサンの紫外線写真と斜光写真

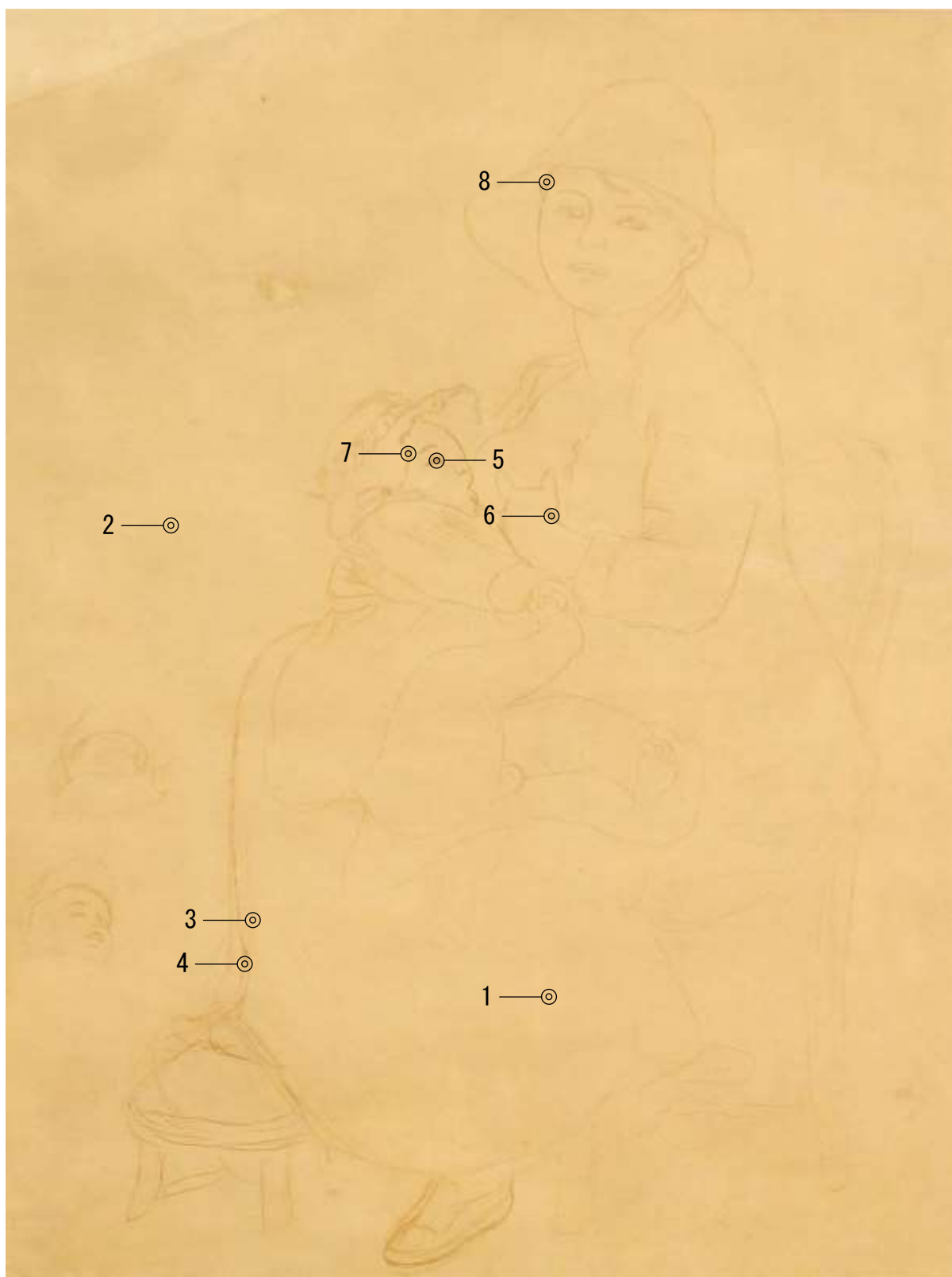
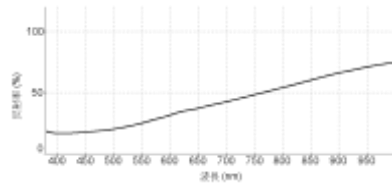
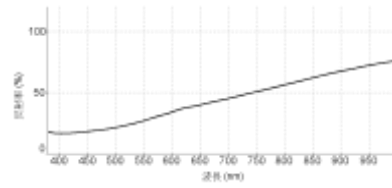


図6 反射スペクトルおよび蛍光X線スペクトルを測定した箇所（測定点）

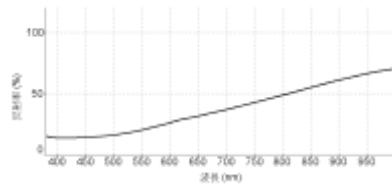
測定点 1



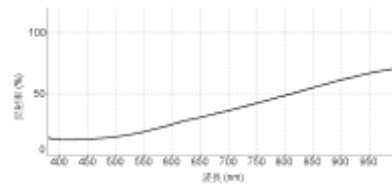
測定点 2



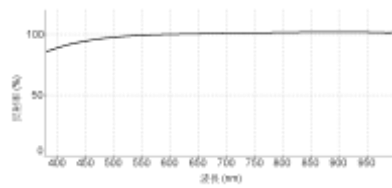
測定点 3



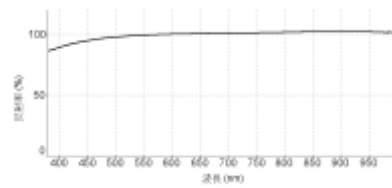
測定点 4



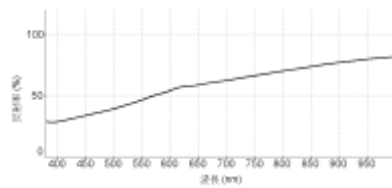
測定点 5



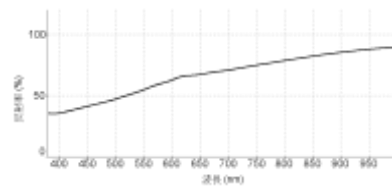
測定点 6



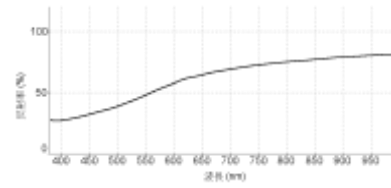
測定点 7



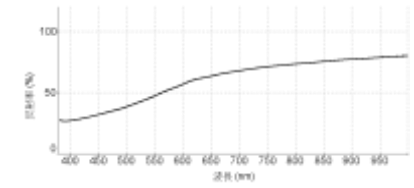
測定点 8



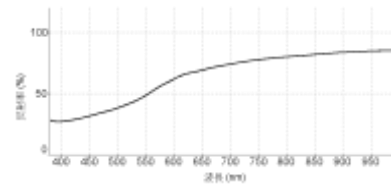
測定点 1



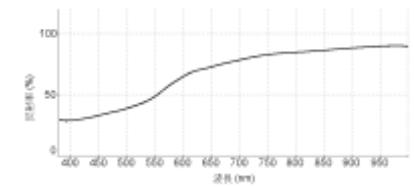
測定点 2



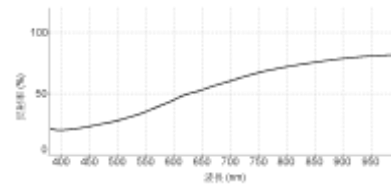
測定点 3



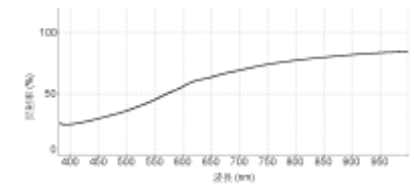
測定点 4



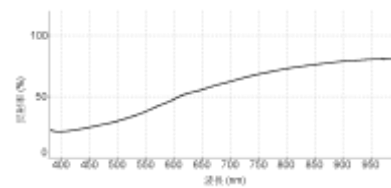
測定点 5



測定点 6



測定点 7



測定点 8

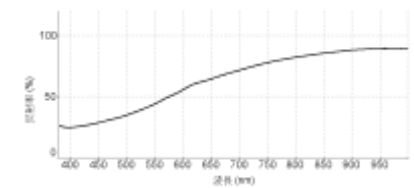


図7 標準試料（セピア2種）の反射スペクトル

図8 デッサンの反射スペクトル

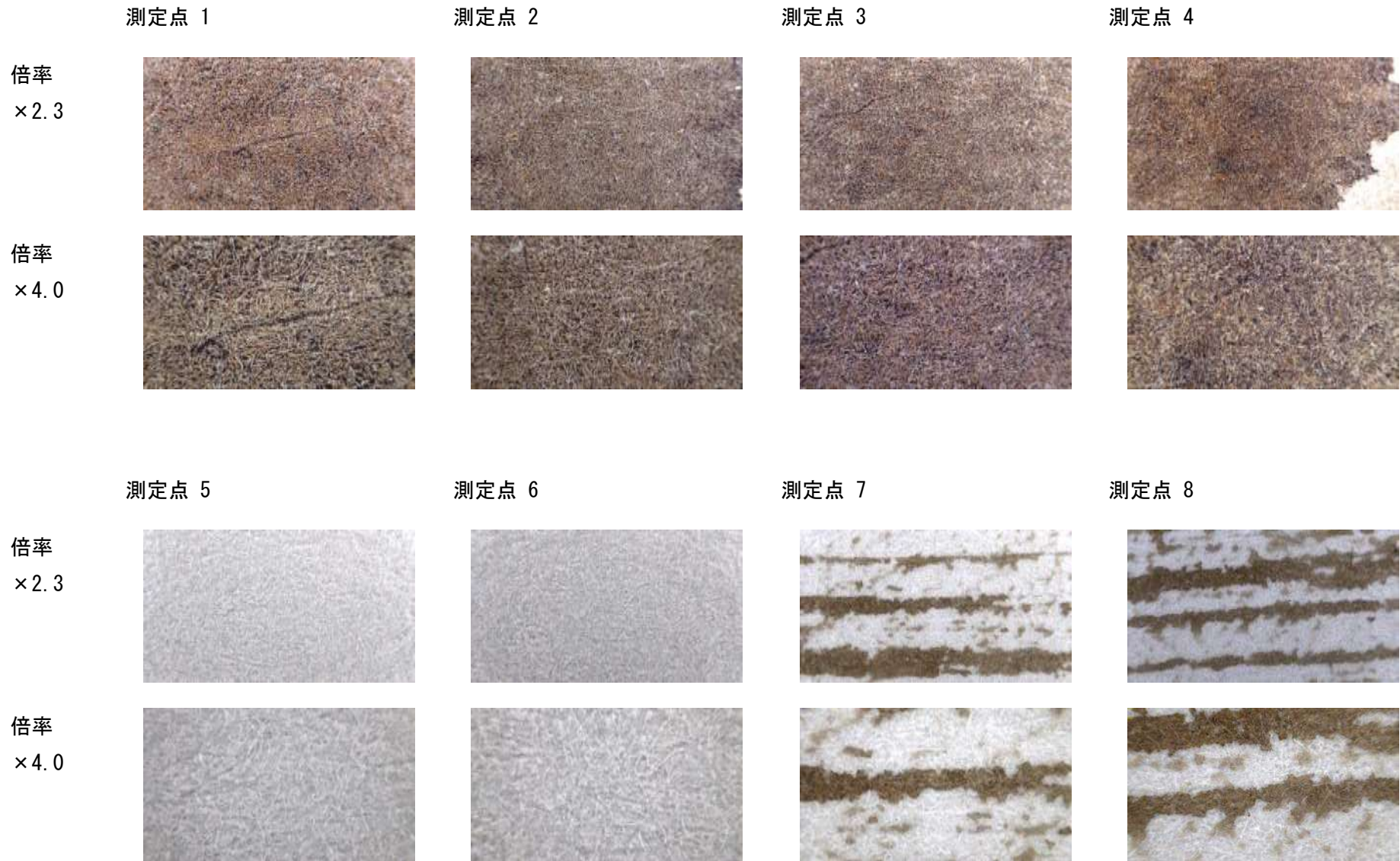


図 9 標準試料（セピア 2 種）の顕微写真

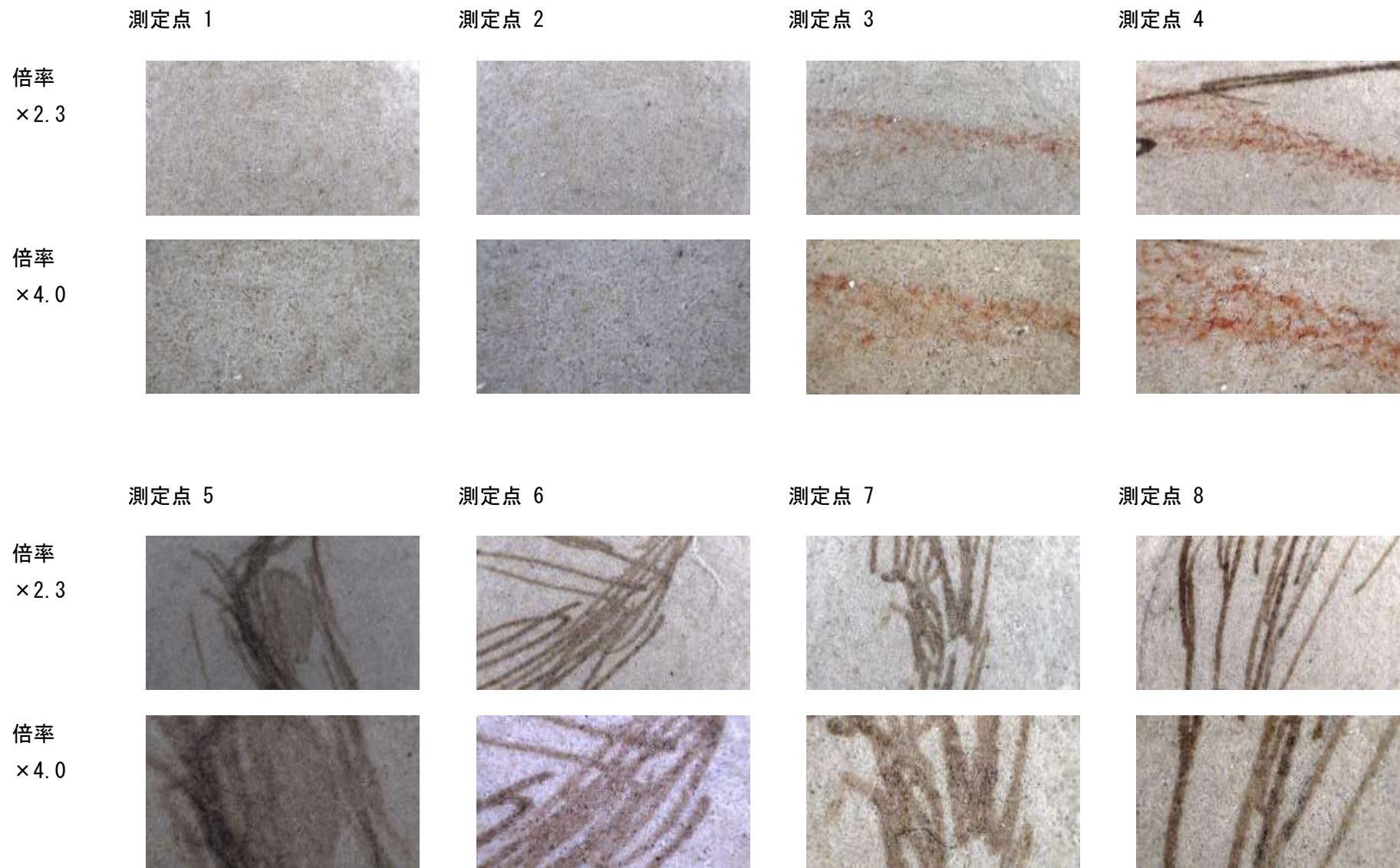


図 10 デッサンの顕微写真