

〔報文〕 伊藤若冲『動植綵絵』の彩色材料について

早川 泰弘・佐野 千絵・三浦 定俊・太田 彩*

1. はじめに

宮内庁三の丸尚蔵館が所蔵する『動植綵絵』は伊藤若冲（1716-1800）の畢生の作として知られる。30幅に及ぶこの大作は京都相国寺に伝わる若冲筆『釈迦三尊像』の莊嚴画として制作されたものである。この『動植綵絵』全30幅は平成11～16年度の6ヵ年にわたって修理が行われ^{1,2)}、その修理過程で東京文化財研究所では三の丸尚蔵館の全面的な協力のもと、これら全作品について蛍光X線分析による非破壊・非接触の彩色材料調査を行う機会を得た。調査に際しては、表面彩色だけではなく、修理過程でのみ調査が可能な裏彩色の調査も併せて行うことを心がけたが、修理作業の進捗との兼ね合いにより表面の調査のみにとどまった作品もある。本報では、今回の調査結果の概要を報告し、『動植綵絵』に関する彩色材料について考察する。

2. 蛍光X線分析による彩色材料調査

調査に使用した機器は、平成11年に東京文化財研究所が中心となって開発したポータブル蛍光X線分析装置（セイコーインスツルメンツ(株)SEA200）である。これまでに国宝『源氏物語絵巻』（徳川美術館、五島美術館）³⁾や国宝『平等院鳳凰堂板壁絵』（平等院）⁴⁾などの絵画、あるいは国宝『普賢菩薩騎象像』（大倉集古館）⁵⁾や国宝『金錯銘鉄剣』（さきたま資料館）⁶⁾の材質調査に適用し、十分な実績を上げているものである。今回の彩色材料調査に際して設定した測定条件は以下の通りである。

X線管球： Rh（ロジウム）
管電圧・管電流： 50kV・100 μ A
X線照射径： ϕ 2mm
測定時間： 1ポイント100秒
装置先端から資料までの距離： 約10mm

直径2mmに絞り込んだX線を装置先端から発射し、作品の所定の位置に照射する。X線が当たった箇所では、そこに存在している元素とX線との相互作用が生じ、元素に応じた二次的なX線（蛍光X線）が発生する。これを検出することで、その部分の元素の種類と存在量を非破壊・非接触で求める調査手法である。ただし、この方法はすべての元素を測定できるわけではない。大気中での測定では、大気中に存在している窒素や酸素の影響で、軽元素を検出することができず、原子番号19のK（カリウム）より重い元素でないと信頼に足る分析を行うことは困難である。これより軽い元素、例えばAl（アルミニウム）やSi（珪素）といった無機元素、あるいは有機化合物の主構成元素であるH（水素）、C（炭素）、N（窒素）、O（酸素）などについてはほとんど情報を得ることができない。Kよりも重い元素については、その多くを検出することが可能であるが、元素によって検出感度が異なることに注意する必要がある。例えばFe（鉄）やCu（銅）といった遷移金属元素に対しては感度が非常に良く、一般には原子番号が大きくなるほど感度が低下する傾向にある。今回の測定条件の下では、Ag（銀）やSn（錫）などの金属はCuに比べて1/20以下の感度であり、Au（金）やPb（鉛）についても1/10程度の感度しか有し

*宮内庁三の丸尚蔵館

のCaだけであった。Caを主成分とする白色材料としては何種類かの材料が知られているが、『動植綵絵』が描かれた時代と絹地への彩色という観点から考えると胡粉 (CaCO_3) が使われている可能性が最も高い。日本では古くから白色材料として鉛白 ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$) などが絹地への彩色材料として用いられてきているが、『動植綵絵』においては鉛白などは一切使われていないことが明らかになった。

(2) 赤色・薄赤色・桃色について

赤色については、30幅の中で少なくとも4種類の材料が使われていることがわかった。Hgが主成分のもの、Hgが主成分でPbを少量含むもの、Feを主成分とするもの、そして赤色の有機染料の4種類である。

Hgを主成分とする赤色顔料としては水銀と硫黄との化合物である辰砂 (HgS) がよく知られている。この材料は全30幅中19幅で見出されている。これに対し、Hgが主成分でPbを少量含む材料が見出されたのは5幅だけであった。25「老松白鳳図」から30「紅葉小禽図」にかけて見られ、制作最終期に集中していることがわかる。26「芦雁図」と30「紅葉小禽図」については、Hgを主成分とする赤色顔料も併用されている。この材料については、Hgを主成分としていることから、その主材料は辰砂であると考えられるが、それにPbを含む材料を混ぜて赤色の色調を変化させていることが予想される。Pbを含む彩色材料としては、白色の鉛白 ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$) や橙色の鉛丹 (Pb_3O_4) が知られているが、そのいずれかであるかは今回の調査では特定することは困難である。しかし、仮に鉛白が混ぜられているとすると、鉛白が単独で白色材料としても使われる可能性が高く、全30幅中の白色に鉛白が1箇所も使われていないという結果を説明しにくくなる。Hgを主成分とする材料とHg+Pbの材料とはその使用時期が異なっていると思われるが、大変興味深いことには、同一の図像表現に両材料が使われている事実がある。11「老松白鶏図」(図1)と25「老松白鳳図」(図2)には右上のほぼ同一箇所にはほぼ同様の形で赤色の太陽が描かれているが、11「老松白鶏図」の太陽はHgのみを含む材料、25「老松白鳳図」の太陽はHg+Pbの材料で描かれている。肉眼による観察でも両者の色の違いを認識することは可能であり、Pbをわずかに含んだ25「老松白鳳図」の太陽のほうがやや橙色を帯びた赤色をしていることがわかる。

また、Feを主成分とする赤色については15「梅花群鶴図」、18「桃花小禽図」、27「群魚図(蛸)」、28「群魚図(鯛)」の4幅で見出されたに過ぎない。15「梅花群鶴図」、18「桃花小禽図」ではHg主成分の赤色が、27「群魚図(蛸)」と28「群魚図(鯛)」ではHg+Pbの赤色材料が同時に用いられており、これらとは異なる色調の赤色を描き出すためにFe系の赤色材料が使われている。Feを主成分とする赤色材料としてはベンガラ (Fe_2O_3) がよく知られ、日本でも古くから使われている。

さらに、これら3種類の顔料以外に、多くの作品で花びらなどの薄赤色部分に使われているのが赤色の有機染料である。染料の特定まではできなかったが、上記3種類の顔料とは明らかに異なる色調および質感であり、肉眼でもその使用箇所を確認することは可能である。



図1 『動植綵絵』11「老松白鶏図」



図2 『動植綵絵』25「老松白鳳図」



図3 『動植綵絵』9「老松孔雀図」



図4 『動植綵絵』12「老松鸚鵡図」



図5 『動植綵絵』7「大鶏雌雄図」



図6 『動植綵絵』24「貝甲図」



図7 『動植綵絵』29「菊花流水図」



図8 『動植綵絵』20「群鶏図」

(3) 黄色について

『動植綵絵』の中で黄色が使われている箇所はそれほど多くはないが、鶏の足や鳥の黒目の周囲、あるいは花の薬や花びらなどに使われている。今回の調査では、黄色材料として3種類の材料を見出すことができた。最も多く使われているのは、Feを含んだ黄色材料であり、黄土（主成分 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）であると考えられる。この材料が使われている箇所からは、大量のCaが同時に検出されており、前述の白色の胡粉による彩色が行われた上に黄土による黄色の着色が施されている箇所が多い。この材料が最も特徴的に使われているのは多くの作品に描かれている鶏の足についてであり、25「老松白鳳図」の鳳凰の足などにもこの材料が使われている。これらの部分は目視による観察ではやや沈んだ黄色として認識できる。

これに対して、3「雪中鴛鴦図」、9「老松孔雀図」、18「桃花小禽図」などの作品で明るい黄色に描かれている花の薬などからは、大量のAsが検出された。同じような表現として描かれている黄色い薬であっても、作品によってAsが検出される作品と検出されない作品がある。1「芍薬群蝶図」や15「梅花群鶴図」に描かれている黄色い薬からはAsはまったく検出されない。その判断は目視では不可能である。Asを主成分とする黄色材料としては石黄（ As_2S_3 ）がよく知られており、『動植綵絵』の中でもこの材料が使われている可能性が高い。表1からわかるように、Asを主成分とする黄色材料はある制作時期にのみ使われているというわけではなく、この材料の利用を制作時期などと関連付けることは難しい。

さらに、黄色部分の測定ではCaだけしか検出されない箇所も多くの作品で見出された。1「芍薬群蝶図」の蝶の羽根や25「老松白鳳図」の鳳凰の嘴などに特徴的に用いられている。これらの部分は目視によって明らかに下層に白色が存在していることが確認でき、検出されているCaはこの白色に由来していると考えられる。主成分が検出されない黄色材料としては有機染料を考慮することができる。どんな染料が使われているかは、今回の調査だけでは特定することは困難である。

(4) 茶色について

茶色については、明るい茶色から暗い茶色まで様々な色合いが多くの作品で使われている。多くの作品に描かれている鶏の羽根や3「雪中鴛鴦図」の鳥の羽根、あるいは11「老松白鶴図」、25「老松白鳳図」などの樹木の幹などに見ることができる。これらの箇所からはCaとともに少量のFeが検出された。測定箇所によってCaとFeの検出量に違いがあるが、両元素以外の元素が検出された箇所はほとんどなかった。濃い茶色の箇所ほど、Feの検出量が多い傾向が得られたが、この傾向から外れる箇所もあった。Caは前述の白色材料に由来していると考えられ、茶色材料としてはFeを主成分とするものが使われていると考えられる。黄色部分からもFeを多く含んだ材料が見出されているが、茶色部分においてもこれとほぼ同様の材料が使われている可能性が高い。黄土や代赭など土壌起因の成分を原料とする彩色材料は、多種類の成分の混合体であり、Feの存在量あるいは他の含有成分の種類やその存在量の違いによって、黄色、茶色、赤色、黒色など様々な彩色材料として利用できることが知られている。『動植綵絵』に使われている茶色材料は、これら土壌起因の材料で、Feを茶色の発色の主体とするものであると思われる。

(5) 金色、金茶色について

金色、金茶色は『動植綵絵』の中で最も印象深い色の一つである。鶏、孔雀、鳳凰、鸚鵡、鶯鳥など様々な鳥の羽根部分において、薄く透けるように見える美しい金（金茶）色を肉眼で確認することができる。これまで、『動植綵絵』に関しては科学的調査がほとんど行われてお

らず、いくつかの報告や解説において、これらの金（金茶）色部分では下層に金泥をおき、その上に白色の彩色が施されているのではないかと説明されていた。しかし、今回の蛍光X線分析による調査では、これらの金（金茶）色部分からAuはまったく検出されなかった。検出された元素は黄色あるいは茶色部分から検出された元素と何ら変わりはなく、CaとFeだけであった。Au, Ag, Cuあるいは他の金属を原料とするような彩色材料は一切確認できなかった。金（金茶）色を描き出している材料としては、黄色・茶色部分で使われている材料と同じものであると考えられ、黄土あるいは代赭などFeを主成分とする黄～茶色の材料と、Ca主成分の白色材料（胡粉など）だけであると考えられる。黄色・茶色部分との違いは両材料の塗り方だけである。金（金茶）部分では下層（表面）に、黄土あるいは代赭などを塗り、その上に白色を薄くのせることで、下の黄（茶）色を透けて見せる効果を出していることが明らかになった。金泥などの材料を一切使わずに、これだけ美しい金色を見せることのできる彩色は、若冲の持つ極めて高い技術を裏付けるものの一つである。

ただし、『動植綵絵』の中で金泥(Au)がまったく使われていないわけではない。9「老松孔雀図」と12「老松鸚鵡図」の2幅だけに金泥が使われている箇所がある。9「老松孔雀図」(図3)の尾羽先端の円形部分と、12「老松鸚鵡図」(図4)の緑色インコの尾羽金色線部分についてである。しかし、この両作品の中においても、金色に透けて見える羽根の部分には金泥は一切使われていない。彩色材料としての金泥を持っていたにも関わらず、鳥の羽根の透ける金（金茶）色部分にあえて金泥を使わない彩色をしていたという事実の発見は、今回の調査の大きな成果の一つである。

(6) 緑色について

今回の調査では、『動植綵絵』の中に緑色として少なくとも4種類の材料が見出された。そのうち3種類はCuを主成分とする顔料であり、残り1種類は軽元素を主成分とする有機染料である。Cuを主成分とする緑色顔料としては、孔雀石を原料とする緑青($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$)が最もよく知られている。緑青は粒度を変えることで濃い緑色から薄緑色までを作り出すことができ、これまでの研究ではわが国の多くの彩色作品に見られる緑色の顔料は緑青であると考えられてきた。しかし、近年の著者らの研究により、緑青以外にも緑色の顔料が存在していたことが見出されてきており⁹⁾、『動植綵絵』においてはまさにその新たに見出された顔料が使われていることがわかった。しかも、表1からわかるように、制作時期によってその顔料がみごとに使い分けられていることも明らかになった。緑青以外に見出された顔料としては、主成分がCuで少量のAsを含む緑色材料、および主成分CuにAsとZnを少量含む材料である。Cuだけが検出された緑青については全30幅中5幅で見出されたにすぎないが、その使用時期は制作初期の9「老松孔雀図」から制作最終期の30「紅葉小禽図」まで使われている。これに対し、Cu+Asの緑色材料とCu+As+Znの材料とは、制作時期によって明確に使い分けられていることがわかった。1「芍薬群蝶図」から23「池辺群虫図」まではCu+Asの材料が用いられているが、Cu+As+Znの緑色材料はまったく使われていない。一方、25「老松白鳳図」から30「紅葉小禽図」については、Cu+As+Zn材料は使われているが、Cu+As材料はまったく見出すことができない。

両材料が使われている作品を詳細に調査していくと、Cu+As材料の中でも10「芙蓉双鶏図」と16「棕欄雄鶏図」の2幅ではAs存在量が異なる部分があるなど、上記の分類では整理しきれない作品が存在していることもわかってきたが、『動植綵絵』30幅を描く期間に少なくとも3種類の緑色材料が存在していたことだけは確かである。しかし、残念ではあるが、肉眼による観察ではこれら3種類の使い分けを認識することは困難である。

さらに、これら3種類の顔料以外に、薄緑色や深緑色で描かれた植物の葉部分などで有機染料が使われていることがわかった。有機染料が使われている部分については、肉眼で詳細に観察すると、上記3種類の顔料との違いを認識することは可能である。

緑色に関する特徴として付け加えると、7「大鶏雌雄図」(図5)と24「貝甲図」(図6)の2幅については緑色顔料がまったく使われていないことがわかった。7「大鶏雌雄図」については後述する青色の顔料も使用されておらず、『動植綵絵』30幅の中では特異的な作品の一つとして位置づけられる。

(7) 青色について

青色については2種類の材料が見出された。一つはCuを主成分とする顔料であり、もう一つは有機染料である。Cuを主成分とする青色材料としては藍銅鉱を原料とする群青($2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$)が大変よく知られており、日本では古くから使われている。『動植綵絵』の中で見出されたCuを主成分とする青色材料も群青であると考えられる。群青は緑色の緑青と同様、粒度を変えることで濃青色から薄青色までを作り出すことができる。『動植綵絵』では全30幅中19幅で見出され、いくつかの作品に描かれている岩肌や6「紫陽花双鶏図」に描かれている青い花びらなどに特徴的に用いられている。

一方、青色の有機染料については、群青とはまったく異なる質感を与える青色として27「群魚図(蛸)」, 28「群魚図(鯛)」の魚の身体,あるいは29「菊花流水図」の流水で用いられている。青色の染料が主に見出されたのはこの3幅だけであり、『動植綵絵』制作の最終期にのみ使われていることがわかる。青色の有機染料が使われているこれら3幅には群青の青色も同時に使われており、両者の発色や質感の違いが効果的に描き出されている。例えば、29「菊花流水図」(図7)では、流水の輪郭のやや濃く描かれている部分にのみ群青が使われ、流水の中の淡い青色はすべて染料によって描かれている。

(8) 灰色・黒色について

『動植綵絵』の中には、灰色や薄黒色も多くの箇所で見出すことができる。鶏や鳥の羽根,あるいは岩肌や樹木の描写に多く見ることができる。これらのいずれの箇所からも、検出されたのはCaだけであった。Caは白色材料として使われている胡粉に由来するものと考えられ、これに墨あるいは薄墨を併用することで灰色から薄黒色までの濃淡を描き出していると考えられる。

黒色箇所についてはCaとともにFeを同時に検出する箇所が少なからずあり、墨以外の黒色材料を考える必要がある。Feの検出量は作品やその使用箇所によってまちまちである。7「大鶏雌雄図」や11「老松白鶏図」の鶏の黒目は光沢感があり、やや盛り上がりを感じられるが、これらの箇所からFeが比較的多く検出された。同様の表現であっても、3「雪中鴛鴦図」や20「群鶏図」(図8)では、鳥や鶏の黒目は盛り上がりがない黒色として描かれている。光沢感のある黒色の目はこれまでの研究で漆が使われているのではないかとされていたが、Feを含む黒漆が使われていることは、今回の測定結果からも十分考え得ることである。一方、盛り上がりがない黒目などに使われている黒色材料については、少量のFeが検出されたが、材料を特定するには至らなかった。

4. まとめ

以上、三の丸尚蔵館所蔵の伊藤若冲『動植綵絵』に関する彩色材料について、蛍光X線分析による調査結果を簡単にまとめた。伊藤若冲の絵画作品が科学的に調査されたのはこの調査が初めてであり、本稿ではその全体観を明らかにするために、彩色材料を色別に整理して報告するかたちを採った。作品ごとに彩色材料を細かく説明することはできなかったが、その詳細については別途報告する予定である。

今回の調査は4ヵ年以上にわたり、総計900ポイント以上の箇所を測定するに至った。これらの測定データを提示することは、調査を行った私どもの責務であると思っている。膨大なデータではあるが、これらのデータが伊藤若冲の絵画研究に少しでも貢献できることを願っている。

参考文献

- 1) 『動植綵絵－若冲、描写の妙技』、宮内庁三の丸尚蔵館(2006)
- 2) 三の丸尚蔵館年報・紀要、第11号、宮内庁三の丸尚蔵館(2006)
- 3) 早川泰弘、三浦定俊、四辻秀紀、徳川義崇、名児耶明:国宝源氏物語絵巻にみられる彩色材料について、保存科学、41、1-14(2002)
- 4) 早川泰弘、津田徹英:蛍光X線分析を用いた平等院鳳凰堂中品中生図の彩色材料調査、鳳翔学叢、第2号、15-24(2005)
- 5) 早川泰弘:大倉文化財団普賢菩薩騎象像の表面彩色の蛍光X線分析、MUSEUM、574、32-36(2001)
- 6) 早川泰弘、三浦定俊、大森信宏、青木繁夫、今泉泰之:埼玉稲荷山古墳出土金錯銘鉄剣の金象嵌銘文の蛍光X線分析、保存科学、42、1-18(2003)
- 7) 辻惟雄:『若冲』、美術出版社(1974)
- 8) 加藤将彦、丹沢穰、平井昭司、早川泰弘、三浦定俊:武雄鍋島家所蔵皆春齋絵具の材質調査、保存科学、46、61-74(2007)

キーワード: 動植綵絵 (*Doshoku Sai-e* (Colorful Realm of Living Being)); 蛍光X線分析 (X-ray fluorescence spectrometry); 材質調査 (material analysis); その場分析 (*in situ* analysis)

Analysis of the Painting Materials Used in *Doshoku Sai-e* (Colorful Realm of Living Being) by Ito Jakuchu

Yasuhiro HAYAKAWA, Chie SANO, Sadatoshi MIURA and Aya OTA*

The thirty scrolls of *Doshoku Sai-e* (Colorful Realm of Living Being) collected in the Sannomaru Shozokan are lifework masterpiece of Ito Jakuchu (1716-1800). The National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo and the Sannomaru Shozokan have cooperatively investigated painting materials and drawing techniques of *Doshoku Sai-e* during their restoration from 1999 to 2005. In this paper, some of the analytical results of painting materials using a portable X-ray fluorescence spectrometer are presented. Colors used for all thirty scrolls were measured at approximately 900 points ($\phi 2\text{mm}$ per point) on the front- and under-side of the paintings.

The following new information about the painting materials was obtained from the present analysis.

(1) White-colored material

Only one pigment containing Ca as a major component was used for 30 scrolls.

(2) Red-colored materials

Three kinds of pigments (Hg, Hg+Pb and Fe as major components) and an organic dye were found from 30 scrolls.

(3) Yellow-colored materials

Two kinds of pigments (Fe and As as major components) and an organic dye were found.

(4) Brown-colored material

Only one pigment containing Fe was used, and various shades of brown were made by adding white pigment.

(5) Gold-colored materials

Gold-colors found in the bird wings were drawn by only brown- and white-colored materials. The gold pigment was used only at few places in 2 scrolls.

(6) Green-colored materials

Three kinds of pigments containing Cu as a major component and an organic dye were found. The newly found pigments containing As or As+Zn as a minor component were used for many scrolls.

(7) Blue-colored materials

One pigment including Cu as a major component and an organic dye were found.

(8) Black-colored material

Black ink was used in many places. The black material containing trace amount of Fe was also found from the eyes of birds in many scrolls.

Objective discussion of the painting materials of *Doshoku Sai-e* based on the data presented in this paper is expected.

*The Museum of the Imperial Collections, Sannomaru Shozokan,