京都御所清涼殿障壁画に使用された白色顔料の材料科学調査

杉 岡 奈穂子

1 緒言

寛政2年(1790)の清涼殿造営時(寛政度造営)に製作された清涼殿障壁画は、のちの嘉永7 年(1854)の大火で罹災した。翌年、安政2年(1855)の再建(安政度造営)に間に合わせるた め、罹災した画面を修繕して用いられた面と、安政度造営に合わせて新調された面があり、古 いものは製作されてから230年以上経過していると思われる。年間を通じ、東側の蔀戸を開放 して建物内部の公開を行っており、これらの障壁画は外気にさらされたまま展示されている状 態である。紫外線、砂埃、温湿度の変化等の外的な要因に大きな影響を受けており著しい劣化 を引き起こしているため、現状のまま展示し続けるのは困難であると考えられる。このような 背景から、京都御所清涼殿障壁画保存工事で平成31年度(令和元年度)から6年をかけて、襖 障子24面、小壁張付12面の模写および下地、金物、緑等を含める建具が新調される予定であ る(図1)。本工事の対象となる母屋・東廂の襖絵は土佐光貞、小壁張付は土佐光清、鬼の間・ 台盤所の東面に配された襖絵、小壁張付はともに土佐光文、二間の南の襖絵、小壁張付は土佐 光清によって画かれている。いずれも軟錦とよばれる幅広の帯状絹裂地が周囲に廻らされてお り、青色のすやり霞で統一された画面は威厳と格式が表現されている。本報告では、障壁画の 模写製作で必要な情報となる彩色材料調査を行うなかで、新たな知見が得られた白色顔料につ いて詳細を述べる。



図1 清涼殿保存工事対象障壁画

2 研究目的

令和元年度の修理対象である襖絵を図2に、小壁張付を図30 (p.111) に示す。図2 (a) に示 す清涼殿母屋北第二間の襖絵は、漢詩に基づいた画題を画く「唐絵本文の意」のうち陶淵明の 詩の一節「采菊東籬下 悠然望南山」によるもので、寛政度に土佐光貞により画かれた唐絵であ る。一方、図2 (b) に示す清涼殿西廂台盤所「衣手社」は、安政度に土佐光文によって画かれた 大和絵で、母屋に面する唐絵と裏面の大和絵で一枚の襖障子を構成する。図 30 (a), (b) に示す 清涼殿東廂および母屋北第三間の小壁張付「雲鶴」は、いずれも土佐光清によって画かれてい る。解体修理に伴い、本紙を中心とした軟錦あるいは肌裏紙などについて詳細な調査が可能と なり、彩色材料だけでなく障壁画の構造等に関してもこれまで不明であった点を観察すること ができる貴重な機会になると思われる。以上のことを踏まえ、本調査では、障壁画に用いられ ている彩色材料等の詳細について明らかにし、材料に基づく絵画技法あるいは製作工程を模写 製作を通して解明していくことを目的とする。得られた結果は、製作年代等をはじめとする清 涼殿障壁画の製作および修理等の変遷についての重要な手掛かりとなる。

3 実験方法

表面状態の観察には実体顕微鏡およびデジタル顕微鏡、色測定にはオーシャンオプティクス 社製紫外可視分光光度計 (測定条件: 波長 400~800 nm、露光時間 3 msec、積算回数 10 回)、色 材の元素分析には Thermo 社製 NITON Xlt500 ポータブル蛍光 X 線分析装置 (測定条件: 管電圧 40 kV、管電流 0.1 mA、測定時間 50 秒、管球 Ag)、サンプリングした顔料片の微細構造観察に は走査型電子顕微鏡 (SEM-EDS)、結晶構造解析には X 線回折 (XRD) を用いた。





図 2 令和元年度の修理対象の襖絵 2 面 (a) 襖絵・母屋北第二間「唐絵本文の意」寛政度 画:土佐光貞 (b) 襖絵・台盤所「衣手杜」安政度 画:土佐光文



図3 軟錦を取り外した状態 (a) 襖絵・母屋北第二間「唐絵本文の意」寛政度 画: 土佐光貞 (b) 襖絵・台盤所「衣手杜」安政度 画: 土佐光文

4 結果と考察

(a)

41 清涼殿母屋北第二間「唐絵本文の意」のうち「采菊東籬下悠然望南山」(画:土佐光貞) はじめに、図2(a)に示す寛政面唐絵について述べる。襖障子の寸法は縦1830mm、横1050 mm、厚み31mmで、漆塗りの黒縁で仕立てられている。令和元年度から6年をかけて、障壁画 の解体修理を行うにあたり、襖絵の周囲に廻らされている軟錦を取り外し、詳細な調査を行っ た。この襖絵は清涼殿母屋に設えられており、寛政度に土佐光貞によって画かれた唐絵「唐絵 本文の意」のうちの一面で、古代中国の詩人である陶淵明の詩の一節を画題としている。襖絵 には表面と裏面に画面があり、図2(a)の清涼殿母屋を飾る寛政面の襖絵の裏面は、図2(b)の 西廂の台盤所にあたる安政面の「衣手杜」が張り込まれている。軟錦を取り外した状態を図3 に示す。枠から外すと、図3(a)に示すように、寛政面では下張紙の耳の縁がそのまま残され ており、縁から約1.5 cm 付近まで彩色が施されていた。耳の縁には数センチ間隔で小さな穴が 開けられており、絵網あるいは裏打紙を伸子張などで固定して画くための製作上の工夫の痕跡 であると考えられる。さらに詳細に彩色材料の構造について明らかにするため、彩色層のサン プリング分析を行った。サンプリング方法の模式図を図4に示す。襖絵の周囲に廻らされてい る軟錦を取り外した際に、軟錦の下張紙に付着している顔料の一部を、下張紙と一緒にサンプ リングしたものを試料として用いた。



図4 軟錦下の顔料をサンプリングする方法の模式図

4-1-1 寛政面・唐絵の白色顔料

軟錦で覆われていた領域である図5(A)のすやり霞の括り線、および図9(B)の小菊の花び らに使用された白色顔料について分析を行った。まず、すやり霞の括り線について示す。試料 は、図5(A) に示す黒の実線で囲まれた領域の白線の一部から得られたサンプリング試料を用 いた。 蛍光 X 線分析および分光反射スペクトルを計測し、 さらに実体顕微鏡および走査型電子 顕微鏡を用いて粒子の形状を観察した。得られた蛍光 X 線分析および分光反射スペクトルを図 6に示す。全波長範囲で高い反射率が得られ、下地のスマルトの青色の分光反射スペクトルも 一緒に検出された。実体顕微鏡で観察すると、図5(A-1)で示すような凝集した微細な粒子が 観察される。走査型電子顕微鏡でさらに拡大して観察すると、図5(A-2)で示すように、針のよ うに尖った微細な針状粒子が観察された。針状粒子のおおよその寸法は幅0.1 µm、長さ2 µm であり、非常に微細である。これらの針状粒子の EDS マッピング像を図7に示す。主成分とし てCa(カルシウム) が約 52.5 %、さらに S(硫黄) が約 45.8 % (原子数%: C, O を除く) で強く検 出され、そのほかに Al (アルミニウム): 0.7%、Si (ケイ素): 0.7%、P(リン): 0.5% 等の元素が検 出された。なお、EDS で求めた Ca / S 原子数濃度比は約 1.15 である。針状粒子を含む白色粒子 の結晶構造を同定するために X 線回折 (XRD) を行った。得られた回折スペクトルを図8に示 す。X線回折の結果、Gypsum^(註1)のピークと一致した。前述の EDS で求めた Ca / S 原子数濃度 比(約1.15)は、X線回折で検出されたCaSO4·2H2Oの結果と一致する。この結果、硫酸カルシ ウム (CaSO4·2H2O) である石膏が使用されていることが明らかになった。石膏が彩色材料とし て使用されている事例はこれまでに報告例がなく、後世の修理の影響のほかどのような機能や 効果を果たすのかも含め、引き続き検討を進めている。



図5 唐絵・すやり霞の括り線 (A)の実体顕微鏡像 (A-1) および SEM 像 (A-2) X線スペクトルおよび分光反射スペクトル



図7 唐絵・すやり霞の括り線(A)の元素マッピング像



続いて、小菊の白い花びらについて示す。試料は、図9(B)に示す小菊の花びらの領域から 得られたサンプリング試料を用いた。蛍光 X 線分析および分光反射スペクトルを計測し、さら に実体顕微鏡および走査型電子顕微鏡を用いて粒子の形状を観察した。得られた蛍光 X 線分析 および分光反射スペクトルを図 10 に示す。Ca (カルシウム)元素が強く検出されるとともに、 全波長範囲で高い反射率が得られた。実体顕微鏡で観察すると、図9(B-1)で示すように白色 粒子は非常に微細である。白色粒子を走査型電子顕微鏡でさらに拡大して観察すると、図9(B -2)で示すような細長い柱状粒子が束になったような塊と、その周辺には砕かれたような柱状 粒子や細かく凝集した粒子がみられる。これらの細長い柱状粒子および周辺の微細な粒子を含 む EDS 元素マッピング像を図 11 に示す。細長い柱状粒子および周辺の細かい粒子からは、一 様に Ca (カルシウム)元素が強く検出され、周辺の細かい粒子には S (硫黄)の偏析領域もみ られる。主成分として Ca (カルシウム)が約 77.2%(原子数%: C, Oを除く)で強く検出され、 さらに S (硫黄) も約 15.8% で高濃度に検出された。そのほかに、A1 (アルミニウム): 1.4%、Si (ケイ素): 1.4%、Na (ナトリウム): 1.3%、Cu (銅): 1.1%、Mg (マグネシウム): 0.8%、P (リン): 0.7%、K (カリウム): 0.2%、Fe (鉄): 0.1%等の元素も検出された。細長い柱状粒子および周辺 の細かい粒子を含む白色粒子の結晶構造を同定するためにX線回折 (XRD) を行った。得られ た回折スペクトルを図12に示す。X 線回折の結果、Calcite^(註2)のピークと一致し、白色顔料は炭 酸カルシウムである胡粉が用いられている。さらに、観察された粒子は、図9 (B-2) の矢印で 示すように、ホタテ貝の葉状構造にみられる特徴的な形状である細長の柱状粒子が多数観察さ れた。比較として、ホタテの貝殻を細かく砕いて顔料化した粉末の走査型電子顕微鏡像(図 13) からも同様の葉状構造の特徴がみられ、これらの特徴は、幅広の板状構造がみられるカキ殻の 葉状構造と異なるものである^(註3)。したがって、小菊の白い花びらに使用された胡粉は、カキ 殻を使用したものではなく、ホタテの貝殻を原料として作られたものであることが明らかに なった。



図 9 小菊の花びら (B) の実体顕微鏡像 (B-1) および 走査型電子顕微鏡像 (B-2)

図 10 小菊の花びら (B) の蛍光 X 線 スペクトルおよび分光反射スペクトル



図 11 小菊の花びら (B) の元素マッピング像



図 13 ホタテの貝殻を砕いて顔料化した 粉末の走査型電子顕微鏡像

4-1-2 寛政面・唐絵のその他の領域から得られた白色顔料

木の幹に使用されている茶系顔料について、図 14 (C)の木の幹に使用された顔料の分析を 行った。蛍光 X 線分析および分光反射スペクトルを計測し、さらに実体顕微鏡および走査型電 子顕微鏡を用いて粒子の形状を観察した。得られた蛍光 X 線分析および分光反射スペクトルを 図 15 に示す。550 nm 付近に吸収端をもち、ベンガラの分光反射スペクトルの形状と一致する。 実体顕微鏡で観察すると、図 14 (C-1) にみられるように、茶褐色、赤色、緑色、白色などのさ まざまな粒子が観察される。走査型電子顕微鏡でさらに拡大して観察すると、図 14 (C-2) で示 すように、大きなもので約 3~7 µm の多角形状の粒子のほか数ミクロンの粒子、さらにそれよ り小さいサイズの微粒子が凝集している。これらの多角形状粒子の EDS 元素マッピング像を 図 16 に示す。主成分として Ca (カルシウム)が約 32.2% (原子数%: C,Oを除く)、さらに S (硫 黄) も約 31.9% で強く検出された。そのほかに、Si (ケイ素): 19.0%、Al (アルミニウム): 6.9%、 Fe (鉄): 5.4%、K (カリウム): 1.2%、Mg (マグネシウム): 0.8%、Na (ナトリウム): 0.8%、P (リ ン): 0.7%、Cu (銅): 0.5%、Cl (塩素): 0.3%、Ti (チタン): 0.3%等の元素も検出された。多角形 状粒子および凝集した微粒子の結晶構造を同定するために X 線回折 (XRD) を行った。得られ た回折スペクトルを図 17 に示す。丸印で示した低角度側に存在するブロードなピークは下張 り紙の和紙のピークである。この和紙の回折ピークのほか多数のピークが存在し、これらを解 析した結果、Gypsum (CaSO4·2H2O)^(註4)のほか、Ion Oxide (Fe2O3)^(註5)、Magnetite (Fe3O4)^(註6)、 Quartz (SiO₂)^(註7)のピークと一致した。木の幹に使用されている茶系顔料には、微細な白色粒 子の硫酸カルシウムである石膏 (CaSO4·2H2O) のほか、赤色酸化鉄であるベンガラ (Fe2O3)、 黒色酸化鉄であるマグネタイト (Fe3O4)、白土 (SiO₂など)の成分の一種などの混色と考えられ る。前述の EDS で求めた Ca/S 原子数濃度比 (約1.01) は、X 線回折で検出された CaSO4·2H2O の結果と一致し、石膏が白色顔料として様々な部分に多用されていることは非常に興味深く、 今後の調査でも注視していく予定である。



図 14 木の幹 (C) の実体顕微鏡像 (C-1) および 走査型電子顕微鏡像 (C-2)

図 15 木の幹 (C) の蛍光 X 線 スペクトルおよび分光反射スペクトル



図 16 木の幹 (C) の元素マッピング像



次に、池の水の表現について述べる。図 18 (a), (b) に示すように、濃青色と薄青色を用いて 池の水が表現されている。図 19に示すように、蛍光 X 線分析では、濃青色 (a) および薄青色 (b) いずれからも Cu (銅) 元素が検出されるが、濃青色領域からより強く検出され、Cu 元素を 主成分とする群青が使用されていると考えられる。分光反射スペクトルを測定すると、染料で ある藍の分光反射スペクトルが得られた。二次微分の結果から、藍は薄青色の領域からより明 瞭なスペクトルが得られた。水の表現法として、Cu 元素を主成分とする群青と染料である藍を 組み合わせて表現する手法を用いて、池の水は画かれていると思われる。さらに、軟錦で覆わ れていた領域から得られたサンプリング試料を用いて、さらに詳しく分析した。図 20 (D) に 示すように、画面本紙と比較すると、非常に薄い彩色が施されており、当初はこのような非常 に繊細な表現で画かれていたと推測される。図 20 (D-1) で示すように、実体顕微鏡では大きな 結晶性の粒子はほとんど観察できない。走査型電子顕微鏡でさらに拡大して観察すると、図20 (D-2) で示すように、繊維の隙間にいくつかの粒子がみられた。これらの粒子を分析した EDS 元素マッピング像を図 21 に示す。主成分として Si (ケイ素) 元素が約 47.1% (原子数%: C, O を除く) で強く検出され、そのほかに、Cu (銅): 18.5%、Al (アルミニウム): 10.6%、S (硫黄): 8.3 %、Ca (カルシウム): 7.3 %、K (カリウム): 2.3 %、Fe (鉄): 1.9 %、P (リン): 1.6 %、Mg (マグ ネシウム): 1.1%、Cl (塩素): 1.1%、Ti (チタン): 0.4%等の元素が検出された。これらの粒子の 結晶構造を同定するため、X 線回折 (XRD) を行った。得られた回折スペクトルを図 22 に示す。 丸印で示した低角度側に存在するブロードなピークは下張り紙の和紙のピークである。この和 紙の回折ピークのほか多数のピークが存在し、これらを解析した結果、Gypsum (CaSO4·2H2O) のピークと一致した^(註8)。前述の EDS で求めた Ca/S 原子数濃度比 (約 0.88) は、X 線回折で検 出された CaSO4-2H2O の結果とほぼ一致し、池の水の表現には、群青と藍のほかに、白色顔料 である硫酸カルシウム (石膏)も用いられていることが明らかになった。



図 18 池の水の表現 (a) 濃青色 (b) 薄青色



図 19 池の水の蛍光 X 線スペクトルおよび分光反射スペクトル



図 20 池の水の実体顕微鏡像 (D-1) および走査型電子顕微鏡像 (D-2)



図 21 池の水 (D) の元素マッピング像



4-2 清涼殿台盤所「衣手杜」 (画: 土佐光文)

続いて、図2(b) に示す安政面大和絵について述べる。安政度に土佐光文によって画かれた 襖絵で、衣手杜が画題とされた大和絵である。襖障子の寸法は縦 1830 mm、横 1050 mm、厚み 31 mm で、漆塗りの黒縁で囲まれている。軟錦を取り外した状態の画像を図3(b)に示す。枠 から外すと、安政面は下張紙の端の耳は切り揃えられ、下張紙の縁いっぱいまで彩色が施され ている。寛政面の状態と比較すると、下張紙の縁の様子は大きく異なっている。同様の技法で 画かれていると仮定するならば、安政面は、元々、現在よりも大きな寸法で仕立てられていた と推測できる。しかしながら、現在の状態に張り込まれた際に、何らかの理由で寸法が調整さ れたと考えられる。これについては、緒言に記したように、罹災後に再建された安政度造営に 関わる非常に重要な情報であり、資料調査と合わせて調査を進めている。

4-2-1 安政面・大和絵の白色顔料

安政面大和絵に用いられているすやり霞の括り線について詳しく分析を行った。これらの括 り線は画面の異なる領域に画かれたもので、一つは図 23 (E) に示す領域の括り線、もう一つは 図 26 (F) に示す領域の括り線で、いずれも軟錦で覆われていた領域のものである。はじめに、 図 23 (E) のすやり霞の括り線について示す。実体顕微鏡および走査型電子顕微鏡を用いて粒 子の形状を観察した。実体顕微鏡で観察すると、図 23 (E-1) で示すように、すやり霞の群青粒 子の上に白線が塗られており、群青粒子の寸法と比較すると白色粒子は非常に微細な粒子であ る。白線領域を走査型電子顕微鏡でさらに拡大して観察すると、図 23 (E-2) で示すような柱状 の細長い粒子が束になった構造が観察された。これは、上述した寛政面の小菊の白い花びらに 用いられた白色顔料で観察された、ホタテ貝の葉状構造に類似する。これらの粒子の EDS 元素 マッピング像を図 24 に示す。主成分として Ca (カルシウム) 元素が約 72.3 % (原子数%: C, O を除く) で強く検出され、そのほかに S (硫黄): 13.5 %、Cu (銅): 7.1 %、Si (ケイ素): 3.0 %、Al (アルミニウム): 1.0 %、Na (ナトリウム): 0.9 %、P (リン): 0.8 %、Mg (マグネシウム): 0.5 %、Cl (塩素): 0.5 %、Fe (鉄): 0.3 %、K (カリウム): 0.2 % 等の元素が検出された。白色粒子の結晶構造 を同定するために X 線回折 (XRD) を行った。 得られた回折スペクトルを図 25に示す。 解析の 結果、Azurite^(註9)および Calcite^(註10)のピークと一致した。Azurite はすやり霞に使用されている 群青に由来するもので、括り線の白色顔料には炭酸カルシウムである胡粉が用いられている。 観察された柱状粒子の形状からホタテ貝の葉状構造が観察され、安政面の括り線にもホタテ貝 を原料とする胡粉が用いられていることが明らかになった。



図 23 大和絵・すやり霞の括り線 (E) の実体顕微鏡像 (E-1) および SEM 像 (E-2)



図 24 大和絵・すやり霞の括り線 (E) の元素マッピング像



図 25 大和絵・すやり霞の括り線 (E)の X 線回折パターン

次に、図 26 (F) のすやり霞の括り線について示す。実体顕微鏡および走査型電子顕微鏡を用 いて粒子の形状を観察した。実体顕微鏡で観察すると、図 26 (F-1) で示すように凝集した白色 粒子が観察される。白色粒子を走査型電子顕微鏡でさらに拡大して観察した画像を図 26 (F-2) に示す。前述した図 23 (E-2) のような細長の柱状粒子は観察されなかった。これらの白色粒子 を分析した EDS 元素マッピング像を図 27 に示す。主成分として Ca (カルシウム) が約 43.0 % (原子数 %: C, Oを除く)、さらに S (硫黄) も約 32.2 % で強く検出され、Ca と S はほぼ同じ領域 に分布している。そのほかに、Cu (銅): 9.8 %、Al (アルミニウム): 8.0 %、Si (ケイ素): 3.9 %、 P (リン): 1.3 %、Mg (マグネシウム): 0.8 %、K (カリウム): 0.5 %、Fe (鉄): 0.5 % 等の元素も検 出された。白色粒子の結晶構造を同定するために X 線回折 (XRD) を行った。得られた回折ス ペクトルを図 28 に示す。X 線回折の結果、Gypsum (CaSO4·2H2O)^(註11)および Quartz (SiO2)^(註12) のピークと一致した。この結果、硫酸カルシウムである石膏が使用されていることが明らかに なった。白土の成分に含まれる二酸化ケイ素 (SiO2) も合わせて検出されたが、低濃度であっ ても結晶性が高いため、硫酸カルシウムと比較すると少量であると思われる。安政面のすやり 霞の括り線には、2 種類の異なる白色顔料として、ホタテ貝由来の胡粉および石膏が用いられ ていることが明らかになった。括り線の白色顔料を手掛かりに、寛政度から安政度に至る期間、 あるいはそれ以降に施された修理の履歴などの情報を得ることができると考えられる。



図 26 大和絵・すやり霞の括り線 (F) の実体顕微鏡像 (F-1) および SEM 像 (F-2)



図 27 大和絵・すやり霞の括り線 (F) の元素マッピング像



4-2-2 安政面・大和絵に用いられた染料

木の幹の苔に用いられている緑色彩色の表現手法について、新たな知見が得られた。図 29 に示すように、蛍光 X 線分析では Cu (銅)、Fe (鉄)、Ca (カルシウム)、Pb (鉛) などの元素が検 出された。分光反射スペクトルを測定すると、染料である藍の特徴的な反射スペクトルが得ら れた。苔色のようなくすんだ黄緑色を表現する技法として、古来より藍とガンボージを混色し て緑を作り出す「草の汁」とよばれる緑色がある。ガンボージは、蛍光 X 線分析法あるいは可 視分光分析法等の非破壊分析法では同定することはできないが、おそらく、藍との混色による 苔色の表現に使用されていると考えられる。上述した寛政面では、池の水の表現あるいは小石 の表現に染料である藍が用いられ、安政面の苔の表現にも藍の特徴がみられた。顔料による彩 色表現に加えて、染料による多様な表現手法が用いられていると考えられ、引き続き注意深く 検討を進めていく。



4-3 清涼殿東廂・母屋北第三間の小壁張付「雲鶴」

最後に、小壁張付について図 30 (a), (b) に示す。図 30 (a) の小壁張付は、清涼殿東廂に設 えられているもので、安政度に土佐光清によって雲鶴が画かれている。寸法は、縦 310 mm、横 2850 mm、厚み 20 mmで、漆塗りの黒縁で仕立てられている。また、図 30 (b) の小壁張付は、 清涼殿母屋北第三間に同じく安政度に土佐光清によって雲鶴が画かれたもので、寸法は縦 310 mm、横 2100 mm、厚み 20 mmである。障壁画の解体修理と同様に、襖絵の周囲に廻らされてい る軟錦を取り外して、調査を行った。軟錦を取り外した状態をそれぞれ図 31 (a), (b) に示す。



図 30 令和元年度の修理対象の長押上張付 2 面 (a) 東廂・小壁張付「雲鶴」安政度 画:土佐光清 (b) 母屋北第三間・小壁張付「雲鶴」安政度 画:土佐光清



図 31 軟錦を取り外した状態 (a) 東廂・小壁張付「雲鶴」安政度 画: 土佐光清 (b) 母屋北第三間・小壁張付「雲鶴」安政度 画: 土佐光清

4-3-1 小壁張付のすやり霞に下塗りされた白色顔料

清涼殿東廂 (a) の小壁張付下部の黒縁で覆われていた領域から、すやり霞の一部を絵絹とと もにサンプリングし試料として用いた。試料の裏面について、実体顕微鏡および走査型電子顕 微鏡を用いて粒子の形状を観察した。実体顕微鏡では、図 32 で示すように、絵絹の織り目を埋 めるように塗られた表面の群青粒子が観察される。走査型電子顕微鏡でさらに拡大して観察す ると、絵絹の繊維の隙間から覗く群青と思われる粒子の周辺には、さらに細かい針状粒子が凝 集した状態の物質も観察される。このような粒子の形状が異なる領域について、分析を行った EDS 元素マッピング像を図 33 に示す。これらの粒子を分析した結果、主成分として Cu (銅) が約 37.5 % (原子数 %: C, Oを除く) で強く検出され、そのほかに Ca (カルシウム): 18.0 %、Si (ケイ素): 17.7 %、Al (アルミニウム): 12.1 %、S (硫黄): 7.8 %、K (カリウム): 2.9 %、Ba (バリウ ム): 1.5%、Fe (鉄): 0.8%、Mg (マグネシウム): 0.7%、P (リン): 0.3%、Cl (塩素): 0.3%、Zn (亜 鉛): 0.3%等の元素が検出された。表面の分析結果と合わせて考えると、高濃度で検出された Cu 元素は鉱物顔料である群緑(群青と緑青が混合した顔料)を由来とし、Fe, Zn, Ba 元素などの 不純物成分も鉱石中にわずかに混入している。群緑粒子の周辺には、2種類の形状の粒子分布 が観察される。一つは、Ca 元素を主成分とし細長い柱状粒子で構成されるホタテ貝由来の胡粉 と推測される。もう一つは、さらに細かい粒子が凝集した物質で、Si, Al, S, K 元素などの土壌 成分を由来とする白土の一種と推測される。すやり霞を画く前の下塗りに、胡粉や白土などを 用いて下地の前処理のために用いたのか、何らかの絵画的効果を目的に使用しているものと考 えられ、引き続き検討を進めている。



図 32 雲鶴・すやり霞 (裏面)の光学顕微鏡像および走査型電子顕微鏡像



図 33 雲鶴・すやり霞 (裏面)の元素マッピング像

5 まとめ

清涼殿母屋北第二間および台盤所の襖絵、東廂・母屋北第三間の小壁張付に用いられている 彩色材料について材料科学的調査を行い、以下の結果が明らかになった。

(1) 白色顔料

寛政面・唐絵のすやり霞の括り線には、硫酸カルシウム (CaSO4・2H2O) である石膏が使用さ れており、小菊の白い花びらには、ホタテ貝を原料とする胡粉が使用されていることが本調査 で初めて明らかになった。同様に、安政面・大和絵のすやり霞の括り線にも、石膏およびホタ テ貝の胡粉が使用されていた。石膏は木の幹あるいは池の水などにも確認され、白色顔料とし て様々な箇所で用いられていると考えられる。また、小壁張付のすやり霞の下塗りの一部から、 胡粉および白土の成分の一種が確認された。製作技法あるいは後世の修理による影響なども含 め、引き続き検討を進めていく。

(2) 藍の使用

池の水のほか、木の幹の苔の表現などに藍が使用されており、染料も彩色材料として多用さ れていることが明らかになった。

謝辞

本研究にて胡粉の原料を解明するにあたり、成瀬正和氏よりホタテの貝殻をご提供いただきました。また、 資料を提供していただくとともに、工房での調査および調査ポイントの選定などに直接現場でのご指導をいた だき、多大なご協力および有益なご助言をいただきました。ここに記して深く感謝申し上げます。

註

- (1) JPCDS card No. 00-033-0311.
- (2) JPCDS card No. 00-047-1743.
- (3) 成瀬正和: 正倉院伎楽面に用いられた貝殻由来炭酸カルシウム顔料, 正倉院紀要第31号 (2009), p 61-71.
- (4) JPCDS card No. 00-033-0311.
- (5) JPCDS card No. 03-065-0390.
- (6) JPCDS card No. 01-089-0951.
- (7) JPCDS card No. 01-083-0539.(8) JPCDS card No. 01-076-1746.
- (9) JPCDS card No. 01-070-1579.
- (10) JPCDS card No. 00-047-1743.
- (11) JPCDS card No. 01-070-0984.
- (12) JPCDS card No. 01-080-2147.