

令和 6 年 9 月 24 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K01123

研究課題名（和文）基礎構造分析に基づいた近世漆塗製品の保存処理及び形態・組成に関する研究

研究課題名（英文）Research on the Conservation Treatment, Morphology and Composition of Edo Period Lacquerware Based on Fundamental Structural Analysis

研究代表者

柴田 恵子（SHIBATA, KEIKO）

東北大学・埋蔵文化財調査室・専門職員

研究者番号：70322980

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：仙台城跡出土の漆椀94点について樹種、塗膜構造、元素分析など基礎構造を分析した。

トレハロース含浸処理法で保存処理した近世出土漆椀をX線CT撮影し、処理条件の違いによる内部状態の違いを視覚的に捉えた。様々な条件下におけるトレハロースの結晶化の特性を確認し、近世出土漆塗製品のためのトレハロース含浸処理法による適した保存処理条件を模索した。考古学的には、椀の形式による塗膜構造や樹種の傾向をまとめ、他の年代や近隣遺跡での分析と比較した。文書や地誌、領内出土資料の集成をし、漆椀が出土するまでの職人や在地製作地の背景をまとめた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

トレハロースの結晶化の特性を知ること、近世の出土漆塗製品をトレハロース含浸処理法で保存処理する場合の押さえるべきポイントを理解することができた。この理解により、より有効性の高い処理条件の設定が可能となり、無駄のない安全・安心・安価な保存処理の1方法を導き出すことができた。持続可能な保存処理方法として発展させていきたい。
また考古学的、史料的調査ではこれまでまとめられていない近世仙台藩での出土漆器の背景に関する知見を得た。一括出土漆器を基に中世から近世までの漆器の変化、変遷をまとめた。

研究成果の概要（英文）：We analyzed the basic structure of 94 lacquerware, excavated from the Sendai Castle, including tree species, coating structure and chemical elements.

We attempted to treat for conserving the excavated lacquerware using the trehalose method. After the treatment, we analyzed them by X-ray CT and obtained some different inner images of lacquerware on the treatment condition. We understood the characteristics of trehalose crystallization based on the treatment condition. As a result, we sought more effective treatment condition for conserving the excavated lacquerware using the trehalose method.

From an archaeological perspective, we summarized the trends in coating structure and tree species by the types of the lacquerware, compared them with analyses from other Edo period sites. We collected historical records related to Edo period lacquerware, and all excavated lacquerware from the Sendai Domain. We explored the background of the craftsmen and the local production of the excavated them.

研究分野：保存処理

キーワード：近世漆塗製品 保存処理 塗膜構造分析 トレハロース X線CT

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近世の仙台城跡の発掘調査から出土した漆椀は1400点余りに達するが、将来に渡る適切な保存処理方法、コスト面の課題も大きく、現在は水漬け管理下で冷蔵保管を継続している。

出土漆塗製品を保存処理する場合、出土木材の保存処理方法が適用されるが、いくつかある処理方法にはそれぞれ技術面・設備面など一長一短がある。近年デンプンから人工的に生産された糖質であるトレハロースを用いた出土木材の保存処理方法(トレハロース含浸処理法)が開発され、出土漆塗製品にも適用され良好な成果をあげている(伊藤幸司・藤田浩明・金原正子・今津節生 2011「トレハロース含浸処理法の実用化 - 漆製品への有効性について - 」『日本文化財科学会第29回大会研究発表要旨集』pp.296 - 297 など)。この方法は、トレハロース水溶液を遺物に含浸し結晶化させることで遺物の形状を保持する方法で、大規模設備も不要で、有機溶剤も使用せず、安全な薬剤のみを使用することから、持続可能な方法として期待が高まっている。

漆塗製品は、下地や塗膜構造の解明した先行研究(北野信彦 2005『近世出土漆器の研究』など)があり、漆椀の材質や製作技法を中心に研究が積み重ねられている。仙台城跡二の丸地区出土漆塗製品は、一部の製品(61点)で塗膜構造を解明する研究がなされ、漆塗製品の材質や製作技法の在り方が理解されている(北野信彦 2000「東北大学構内遺跡出土漆器資料の材質と製作技法」『東北大学埋蔵文化財調査年報13』)。

本研究では、これら先行研究を踏まえ、仙台城跡二の丸地区出土の漆椀について得られる下地・樹種や塗膜構造といった基礎構造分析を行い、基礎構造を元に、2つの方向で研究を進めたい。1つは、近年開発されたトレハロース含浸処理法を出土漆椀へ適用し、その処理結果と出土漆椀の基礎構造との因果関係の解明である。2つ目は、型式学的情報に新たに得られた樹種、基礎構造、素材の情報から、仙台藩での漆椀の動態の解明である。

2. 研究の目的

(1) 近世の漆椀について、樹種や下地や塗りなどの塗膜構造と、EDS/EDXを用いた元素分析、X線CTによる漆椀の断面画像解析といった内部の基礎構造を明らかにする。現在、主に行われている基礎構造に関わる分析を徹底して行い、比較・分析の基盤を得る。

(2) 近世の出土漆塗製品を保存処理する場合、漆膜の剥離等のトラブルが起こることが多く、その要因は製品の基礎構造にあると言われている。そこで近世出土漆椀について、その基礎構造を調査し、内部構造の基礎的情報を理解した上で、トレハロース含浸処理法で保存処理する場合の処理中に起こりうるトラブルを回避するための有効な処理条件の確立に挑んでいく。

(3) 漆椀の型式学的特徴を整理し、下地や塗膜構造を総合的に捉え、近世仙台城で用いられた漆椀の質や位置づけを考察する。漆椀は、外見上の特徴だけでなく、下地や塗りが製品の良し悪しに影響する。基礎構造から漆椀を捉え直すことで、近世漆椀の変化を明らかにする。

3. 研究の方法

対象とする漆椀は94点で、仙台城跡二の丸北方武家屋敷地区の調査で出土した18世紀前葉の一括資料である。二の丸の御大所で用いられた漆椀と理解されている(東北大学埋蔵文化財調査研究センター2006・2007・2008・2009・2010『東北大学埋蔵文化財調査年報』19第1~5分冊)。これらの漆椀について、各種分析の前に、写真撮影・図化・表面観察を行う。

(1) 塗膜構造を解析するため、樹種同定を行い、漆椀の内面・外面の小切片を採取し、樹脂封入・切片・研磨をし、プレパラート作製する。プレパラートは、ニコン製生物顕微鏡および画像処理システムを用いて、塗膜構造を観察・写真撮影を行う。

その後、弘前大学人文社会科学部北日本考古学研究センター・片岡太郎准教授所有、及び宮城県産業技術総合センターのEDS/EDXを用いて、プレパラートの漆層や加飾色等の元素分析を行い、基礎情報を収集する。加えて、東北大学理学研究科地球惑星物質科学講座所有のハンドヘルドXRFを用い、文様・内面等の漆椀表面の元素測定をし、補完する情報とする。

(2) 様々な処理条件でトレハロース含浸処理法による出土漆椀の保存処理を行い、資料の基礎構造と処理条件との因果関係を探る。また、処理結果から優位となる処理条件を探り、加えて保存処理後の資料内部の状態を確認するために東北大学総合学術博物館所有の装置でX線CT撮影を行う。それを踏まえて、最適な処理条件を導き出すためのテストピースによるトレハロース含浸処理実験と、トレハロースの結晶化の特性を確認するためのトレハロース結晶化実験を行う。

(3) 仙台藩領内から出土した得られた塗膜構造データと、漆椀の形態的特徴や器種組成との関連を検討・分析する。仙台藩領内で出土した中世以降の漆椀を収集し、基礎情報とする。一括資料を元に、年代的变化をまとめ、中世から近世への漆椀の変化と系統を把握する。また、漆椀の先行研究や、近世地誌や文書史料から仙台藩での漆椀生産や移入状況等をまとめる。その上で、分析した塗膜構造を元に、仙台城二の丸で用いられた漆椀の製作技法や樹種の傾向を、先行分析のある他の年代や、他遺跡との比較検討を行う。

4. 研究成果

(1) トレハロース含浸処理法における近世出土漆塗製品の保存処理条件の研究

出土漆塗製品に適用する場合のトレハロース含浸処理法の基本的工程は、含浸(トレハロー

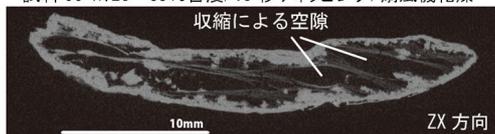
水溶液を低濃度から濃度 55%-加温上限 55℃まで含浸させる) ディッピング(濃度 70%-75℃加温-のトレハロース水溶液に短時間漬けて取り出す) 乾燥 クリーニングである。

仙台城跡二の丸北方武家屋敷地区から出土した近世の漆椀 8 資料の破片 30 点を用いて様々な処理条件でトレハロース含浸処理法による保存処理を行った。多くの破片の漆膜に浮き・めくれ・剝離等の状態変化が見られた。しかし、処理後の重量変化率や漆膜の状態変化からは、優位となる処理条件を導き出すことはできなかった。

そこで、上記 8 資料について塗膜構造分析を行った。やや優品～廉価品といくつかに分類できたが、塗膜構造の違いが処理条件の違いによる漆膜の状態変化に何らかの影響を及ぼしているという因果関係を読み取ることはできなかった。むしろ、木胎と漆膜の膨張収縮率の違いに起因した、個々の資料における木胎と漆膜の結合力の差によるものと考えられ、漆膜自体も表面と内部で膨張差が存在し塗膜が厚いほどひずみが生じやすいとのことから、保存処理中における出土漆塗製品のトラブルは、素材の物性によるものが大きいと推察できる。よって、製品素材の物性による変化を最小限に抑えることができる処理条件を探る必要があるという考えに至った。

また、トレハロース含浸処理法で処理した上記 8 資料のうち同一資料の処理条件の異なる破片について X 線 CT 撮影し、破片内部の状態を 3 次元的に観察した(第 1 図)。ディッピング時間の違いが顕著であった。10 秒のものは、トレハロースの結晶等がほぼ表面付近に集結しており、内部の木胎に収縮が見られた。1 晩のものは、トレハロースの結晶等は中央付近まで分布しており、木胎の大きな収縮は見られなかった。木胎に関しては理想像と言えよう。このことから、ディッピング 10 秒でも資料の形状を保持するという効果は認められるものの、資料によっては内部の木胎が収縮しており強度的な問題が生じる可能性も考えられる。ディッピング時間を長く設定することで資料の強度を向上させることが期待できるが、資料によっては長時間の高温(75℃)ディッピングに漆膜が耐えられるかが課題となる。

試料 96-h: 20~55%含浸/10 秒ディッピング/扇風機乾燥



試料 96-a: 20~55%含浸/1 晩ディッピング/扇風機乾燥

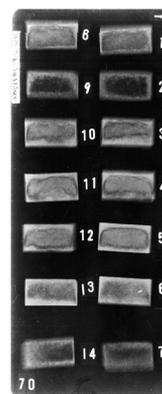


第 1 図 処理後の X 線 CT 画像

そこで、別のアプローチで理想像に近づけないか、ディッピング条件と乾燥条件とを組み合わせ、生花用吸水スポンジを試料(約 3×4×2cm)としてトレハロース含浸処理実験を行った。試料の内部状態を確認するため、実験開始から約 1 年 9 か月後に試料を東北歴史博物館所有の装置で X 線透過写真撮影し(第 2 図)、実験開始から約 2 年半後に試料を半分割した。試料表面はトレハロースの結晶で固化していたが、ディッピング 30 秒 1 回では表面の結晶層は薄く中央付近に結晶はなくスカスカの状態であった。ディッピング 30 秒 6~7 回(出し入れを繰り返す)では表面の結晶層は厚くなるものの逆に水分の逃げ道がなくなり中央付近は湿った状態であった。また、室温でゆっくり乾燥させた場合、試料内部で結晶粒が大きくなる傾向が見られた。

次に、トレハロースの結晶化の特性を確認するため、トレハロース水溶液濃度 55%(20 ml・55℃)、70%(20 ml・75℃)、55%(20 ml・55℃)+70%(2 ml・75℃)を透明な長方形のプラスチック容器に入れ、室温静置するもの、風を当てるもの、振動を与えるもの、冷却するもの等の条件を与え、結晶化の様子を観察した。いずれの水溶液も、しばらくすると液中に結晶核となる微細粒子が出現し、それがブラウン運動をはじめ、他の粒子とくっつくことで結晶が成長していった。微細粒子の出現は水溶液の濃度が高いほうが早い。結晶粒の大きさは、温度による影響が顕著であった。室温状態では大きいものが、冷却状態ではかなり微細なものが形成された。また、風を当てることで液面に水流が生じ、微細粒子のブラウン運動が活発となり結晶化が促進された。さらに、振動を与えることで結晶化が促進され、均質な結晶が形成された。なお、結晶化は容器の壁面に沿って上下左右から始まり、表面が結晶で埋まると中心部は液状のままとなる傾向が見られた。

上記の 2 つの実験を踏まえ、いかに均質に中心部まで結晶化を促進させるか、再び生花用吸水スポンジを試料として、トレハロース含浸処理実験を行った。含浸: 試料にトレハロース水溶液濃度 55%(55℃)を十分含浸させる。ディッピング 1: まずは漆膜と木胎をトレハロースの結晶で固着させることを想定し、濃度 70%(75℃)のトレハロース水溶液にサーモカメラで確認しながら試料温度が 55℃になるまで漬けて取り出す。振動風乾 1: 均質な結晶化を図るため、試料に振動を与えながら扇風機の風を万遍なく当てる。ただし、過乾燥は木胎の収縮を招く恐れがあるため、サーモカメラで確認しながら試料中心部が周囲の温度と同等になるまでとする。ディッピング 2: トレハロースの不足分を補うため、濃度 70%(75℃)のトレハロース水溶液にディッピング 1 と同様に漬けて取り出す。振動風乾 2: 補充したトレハロース水溶液の均質な結晶化を図るため、振動風乾 1 と同様に試料に振動を与えながら扇風機の風を万遍なく当てる。加温乾燥: 試料内部の残留水分を除去しトレハロース水溶液の濃度を高めて結晶化を促すため、40℃・50℃に設定した恒温器に入れる。実験開始から 21 日後に試料を半分割した所、



第 2 図 処理後の X 線透過写真

中心部はややしっとりといった程度で、トレハロースの結晶が均質的に形成されていた。今後は、実資料において上記の処理条件を適用し、さらなる検証を行っていきたいと考えている。

(2) 仙台藩領内の近世漆椀生産・移入についての予察

漆器は、樹種や材料から生産地を推定することが難しく、外見的特徴も共通するため、製作地の推定は難しいとされる。出土漆器を考えるバックグラウンドとして、仙台藩における漆椀はどのように製作され、流通していたのか。漆や漆器の職人に関連する史料や地誌類、先行研究を元に、領内漆椀や挽物産地の状況、他藩からの移入動向を整理したい。

仙台藩の地誌である、享保四年(1719)の「奥羽観蹟聞老志」、寛政十年(1798)の「封内土産考」から、漆や漆椀について取り上げる。「漆」については、藩政初期の10年で四度も植林の命令が出されているが、「奥羽観蹟聞老志」では「会津に出る所を以て佳と為す」とされ、「封内土産考」では、数十万単位で苗を植えたが、「今は枯れ失せ」とあり、不足分は他藩から買い求めたようで、藩の奨励があったにも関わらず、漆栽培は成功していない。

「飯椀」(イワン・漆器を指す)の産地について、会津や南部浄法寺の産地が挙げられており、これらを上品として光り輝くと表現している。江戸初期の出土漆器は千鳥文や薄文、草花文が描かれるが、地誌にはこの文様を示す表現がされている。ただし18世紀前葉頃には江戸初期とは漆椀の様相が大きく変わったと書かれており、これも出土漆器の傾向と符合する。

「挽物」として、「気仙木地山・刈田熊澤・一の迫鬼首、他所々」とあり、これらは「上品器にあらず」と記述されている。出土漆器は一見して「上品器」ではないものが多く、この「挽物」の産地が出土漆器の産地であった可能性は十分考えられるだろう。「気仙木地山」「刈田熊澤」「一の迫鬼首」のいずれの産地も、森林資源の豊富な場所であり(第3図)近世以前からの木地師集団に関する史料が確認できた。各所の木地師集団が、藩有林である「御林」の管理や、藩の許可を得て資材の伐採を行う記録が残っており、「気仙木地山」では藩の許可なく統制樹木を伐採し注意を受けた記録等が残る。製作された製品は、藩が買上げる地域と、伐採・木地製作から漆塗までの一貫作業体系を持ち、独自販売を行う地域など、産業には地域性があるが、主に仙台藩領内で流通することが確認できた。

大正6年の「仙臺物産沿革」からは、藩に召し抱えられた「御職人」の漆職人のほか、町職人や下級武士が内職として漆椀製作に従事していることがわかった。

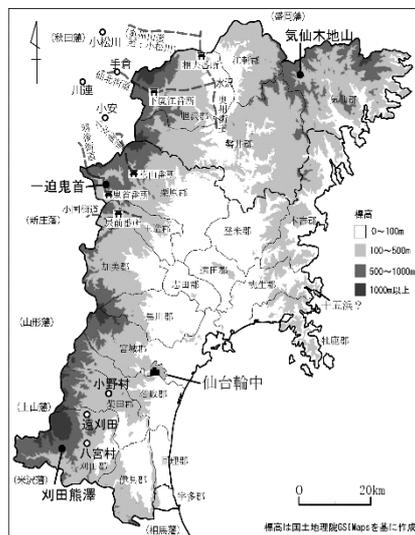
地誌や史料からは、遺跡出土の漆椀の大多数は、その品質から藩の御用職人の製作ではなく、「上品器にあらず」とある領内各地の挽物産地や、町職人、下級武士の内職による製品と考えられ、そこに一部の他藩からの移入品が含まれる状況ではないかと推測できる。

(3) 仙台城跡二の丸地区出土漆椀の塗膜構造・18世紀前葉の一括資料を用いて

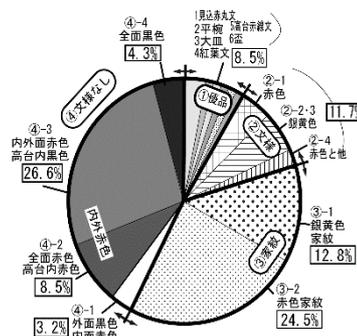
仙台城跡二の丸地区の漆塗製品は、北野信彦氏が塗膜分析を行っているが、当時18世紀前葉の漆器資料の出土はなかった(前出・北野2000)。そのため、94資料の塗膜分析を行い、二の丸や他遺跡での先行成果と比較し、年代的变化を補強したいと考える。

一括資料を年代順に並べ、当研究資料を「二の丸4」と便宜的に呼称する。二の丸4の漆椀類は、近世のほぼ定型化した漆椀のほか、特殊なものを僅かに含み、これらを配色や文様から第4図のように分類した。最も出土が多いのは、-3「内外面赤色・高台内黒色」の椀である。また、家紋椀(第4図の)も同程度に多く、これらで全体の7割以上を占める。家紋の色は、-2赤色家紋の方が、-1銀黄色家紋より2倍近く多い。優品は1割にも満たず、非常に稀な存在であった。つまり、二の丸では家紋付漆椀と、文様のない内外面赤色漆椀の使用率が高いことを示している。

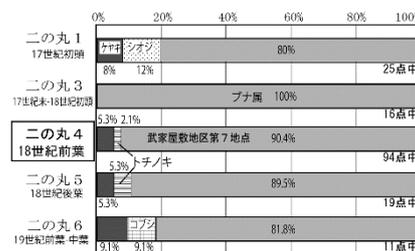
樹種では(第5図)各期通してブナ材8割以上と、東北地方では室町から近世にかけてブナ材が卓越という先行研究をなぞる結果である。仙台藩では「槻」(ケヤキ古名)を「留木」とし、藩の許可なく切ることを禁止しているが、留木にブナは含まれていない。ケヤキは優品に用いる木地、ブナ属は廉価量産品に用いる木地との指摘がある(北野2005『近世出土漆器の研究』)。ブナ属が8割以上と廉価量産品を主として用いながらも、ケヤキ



第3図 仙台藩領内の関連地名の位置関係



第4図 二の丸4・18世紀前葉 漆椀の分類



第5図 仙台城跡二の丸の漆椀類に用いられた樹種

の優品が1割程あったことになる。他に、シオジ、コブシ、トチノキがみられ、シオジは江戸初期以外なく、江戸後期には留木となる樹種である。藩の制度に則った用材活用が行われていた。

二の丸4の塗膜構造分析の結果をみていく。第6図には塗膜写真の例を、第7図には元素マッピングの例を示した。外面・内面とも塗膜構造は、塗膜構造（炭粉下地・漆1層塗り）が大多数で、加飾椀はその上に文様漆が付いて塗膜構造となる。85%以上がこの比較的簡素な塗膜構造である。つまり、漆椀は比較的安価な炭粉下地に漆1層塗りが基本で（第6図-7）家紋や文様でもこの上に施される（第6図-4・5・8・9）。二の丸4では、地の赤色漆に高価な朱漆を用いたものはなかった。

少数の高級品では、堅牢で高価なサビ下地では漆多層塗り・ケヤキ木地（第6図-6）の例がある。これは文様はなく、黒褐色単色塗りのため、一見の豪華さはないが、内部構造は非常に緻密で高品質なものである。

一方で、サビ下地でも漆層1層・ブナ木地と、炭粉下地と構造に差がないものも存在した（第6図-1）。他に、文様に金（Au）・黄色（石黄）・赤色（水銀朱）を描き分けた漆椀、Auを用いた沈金、多色で海老文を描く大皿など、外見の装飾性に優れたものがあるが、塗膜構造と、内部構造は簡素な椀と同様であった。

「みかん割れ」は、適さないブナ材の使用、木取り方法や「からし」期間が短さで起こる現象で、つまりは廉価品である。この「みかん割れ」は、塗膜構造の「内外面赤色・高台内黒色」の椀（第4図の-3）で顕著にみられ、出土漆椀の中でも最も廉価品ととらえられる。

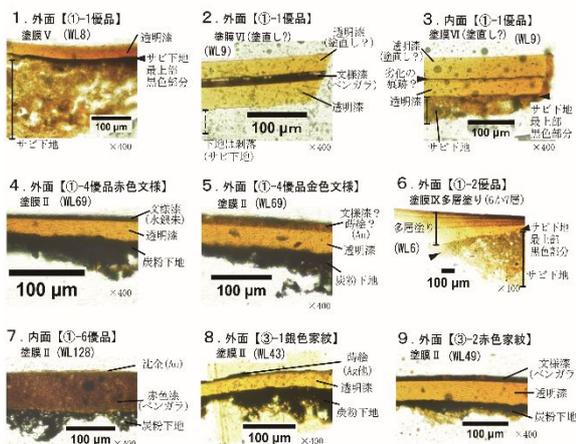
外見の豪華さと素地の良さは必ずしも一致せず、外見だけ華やかに製作される場合も存在する。また、外見上の装飾はないが、樹種や下地・漆などの内部構造が高品質な場合も存在し、外面観察だけではわからない製作技法や材質の良し悪しが漆椀には存在した。これらは塗膜構造分析の利点を示す好事例であった。

最後に、先行分析も含めた製作技法や材質から考察した仙台藩領内出土漆椀の質の想定をまとめてみる（第8図）。出土漆椀で、最も一般的なものは「文様なし・内外面赤色」の漆椀（-2・3）で、ブナ属木地に塗膜構造と簡素な作りである。その中でも「高台内黒色」（-3）は「みかん割れ」率が高く、赤色椀の中でも質的に劣る可能性がある。

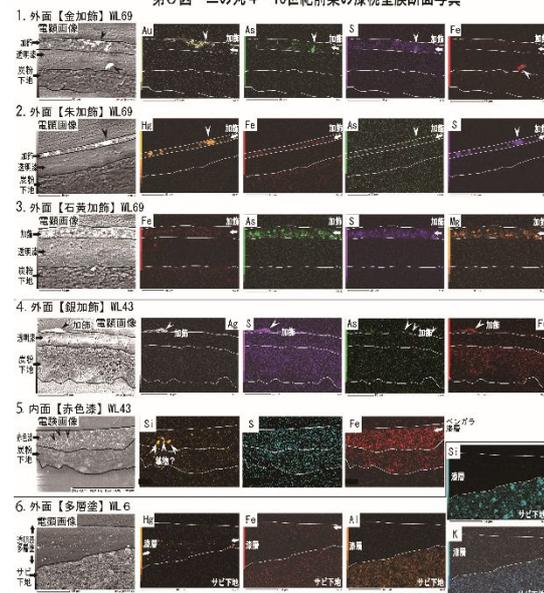
次いで、文様や家紋の加飾漆椀である。内部の塗膜構造は上記の赤色椀と大差ないが、加飾の文様や家紋はかなり緻密であり、繊細な加飾工程が加わる分、質的には上と考える。漆で描く赤色漆加飾よりも、銀黄色蒔絵や多色使いの加飾の方が、材料や工程の複雑さの点で、より高価となろう。赤色漆には稀に朱漆があり、これはベンガラ漆より高級品となる。

優品の出土数は少ないが、製作技法としては布着せ・サビ下地・多層塗り、材料は朱やAuの使用など、出土漆椀の中では上質・高価値な類である。数の少なさからも日常使いではなく、相応の場で使用されたと推測する。ただし、出土漆椀には、金箔椀や梨地等、最高級品は含まれていない。伝世品や伊達家墓所副葬例はあり、特別な場の事例は存在する。

注目は、文様のない全面黒色の漆椀・皿（-4）である。外見的観察ではわからないが、ケヤキ、シオジ、トチノキ、コブシなどの木地にサビ下地を用いた製品が、僅かではあるが近世各期を通して含まれ、これらは材質・製作技法では上質品に相当する。これらは無文の黒色漆椀ではあるが、格式の高い場で用いる漆椀類ではなかろうか。また、下地の良し悪しと、加飾の材質が必ず相応するわけではなく、サビ下地の上にベンガラ加飾の例や、炭粉下地の上に朱漆やAu加飾の場合も稀にみられた。塗膜構造分析は、目視的観察だけではわからない、漆椀に内在する質に関する一考察となった。



第6図 二の丸4・18世紀前葉の漆椀塗膜断面写真



第7図 EDS/EDX元素マッピング画像

特別品	>	佳し	>	普通
梨地 金箔 高蒔絵 など (出土なし)	①優品	②-2・文様銀黄色 ②-4文様赤色と銀 ③家紋-1銀黄色	②-1文様赤色 (朱) (ベンガラ) ③-2家紋赤色 (朱) (ベンガラ)	④-1文様なし・全面黒色 ④-2文様なし・全面赤色 ④-3文様なし・内外面赤色・高台内黒色

第8図 二の丸漆椀類 品質の想定

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 千葉直美、柴田恵子、佐々木理
2. 発表標題 トレハロース含浸処理法における出土漆塗製品の保存処理条件の研究（1）-X線CT画像を用いた比較-
3. 学会等名 日本文化財科学会第38回（ポスター発表）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

3件の論文をとりまとめたが投稿までは間に合わなかった。今後、投稿する。

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	千葉 直美 (CHIBA NAIMI) (00375180)	東北大学・埋蔵文化財調査室 (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------