日本刀の地鉄の色調に関する研究

田中楓

地域キュレーションコース

文化財科学

はじめに 日本刀と色について

日本刀の様式は、平安時代中~末期以降に完成し、鎬造りで反りのある姿が特徴的である。素材には、たたら製鉄によってつくられた鋼が用いられる。折り返し鍛錬・焼き入れ等の製作工程を経て、刀身の表面は硬く、中心部は軟らかいという複合構造を持つ。

現在、日本刀と呼ばれるものには、太刀、刀(打刀)、脇差、 短刀、剣、槍、薙刀、鉾という種類がある。

日本刀鑑賞における主な見所は、姿・刃文・地鉄である。刃 文とは、刃を光にかざしたときに刃境に浮かび上がる線のこと を指す。地鉄とは、刃文を境にして焼刃の反対側にある、鋼の 色が現れている部分のことである。本研究では、この地鉄の部 分の色を計測する。

地鉄の色に関する記述は、現存する最古の刀剣書『銘尽』 (観智院本)から存在し、三条派や粟田口派などの刀を「肌青 し」と述べている。以降、様々な刀剣書に日本刀の色に関する 記述が登場する。

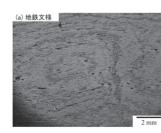
地鉄の色に関する認識は、現在の刀剣識者にも受け継がれている。刀剣識者の間では、三条派・粟田口派・新藤五国光・ 正宗等の地鉄は青い、美濃物の地鉄は白い、北国物の地鉄は 黒いなどの認識が共有されている。しかし、地鉄の色の差は、 刀剣に詳しくない人には見分けることが難しい。

第一章 研究の目的と背景

本研究では、分光測色計を用いて、日本刀の地鉄の色を測定し、地鉄の色の差について考察した。計測には、泉屋博古館(京都)所蔵の刀21振と、個人蔵の刀16振(小刀も含む)の計37振を使用した。数値という客観的な指標で地鉄の色を比較することによって、日本刀研究の発展に微力ながら貢献したい。

第二章 日本刀の表面状態の観察

目視で表面状態の観察をした後、所有者の許可が得られた5振りの日本刀についてはマイクロスコープを用いて金属組織を観察した。



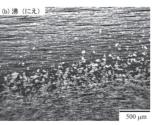


図1 脇差銘国宗におけるマイクロスコープでの観察結果

脇差銘国宗の杢目部分を観察したところ、フレーク状のものが集まって模様を形作っている様子が観察された。また、刃文と地鉄の境目にある"沸"と呼ばれる部分を観察したところ、白い結晶の塊が確認できた。俵國一氏の先行研究を考慮すると、この結晶塊はマルテンサイトであると推測される。

第三章 地鉄の分光測色

コニカミノルタ社製の分光測色計CM-700dを用いて、日本 刀の地鉄の分光測色を行った。この装置は、試料と計測口を 接触させて使うものであるが、今回は様々な工夫を施し、非接 触で測定を行った。

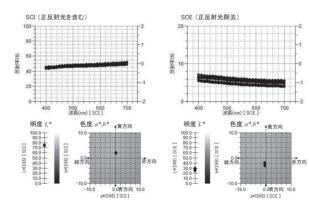


図2 短刀銘堀川住國廣の分光反射率

一例として、測定結果が安定していた、短刀銘堀川住國廣の結果を記す。正反射光を含むSCI方式で測定したところ、長波長側(赤の波長)が他の波長よりも多く含まれていた。正反射光を除去したSCE方式で測定した場合は、短波長側(青~藍の波長)が他の波長よりも多く含まれていた。

結言

本研究では、以下のことが分かった。

(1)肉眼で日本刀の地鉄を見たときに、白く縞状に見える部分では、異なる金属組織と考えられる状態が観察された。また、フレーク状のものが集まって、柾目や杢目を形づくっていた。 (2) SCI方式での測定結果は、短波長側よりも長波長側の方が高く、赤方向のスペクトルが多く含まれていた。SCE方式での測定結果は、長波長側よりも短波長側の方が高く、青方向のスペクトルが多く含まれていた。

刀剣識者は、拡散反射光の短波長側の分光反射率が長波 長側よりもほんのわずかに高いことを読み取り、日本刀の地鉄 の青さを比較している可能性がある。

[主要参考文献]

参考1)小笠原信夫/『日本刀の鑑賞基礎知識』/至文堂/2000 参考2)俵國一/「日本刀中の沸及匂に就き」/社団法人日 本鉄鋼協会、鉄と鋼5(5)/1919/pp.531~544 参考3)渡邊妙子/『日本刀は素敵』/静岡新聞/2008

三角縁神獣鏡の鋳造技術の解明

岡本千尋

地域キュレーションコース

文化財科学

1.研究の目的

古代の銅鋳物のひとつである三角縁神獣鏡は直径が21~23cm程度、材質は銅と錫に少量の鉛を含む青銅鏡であり、これまで3~4世紀の日本の古墳から500面以上が出土している。三角縁神獣鏡は鋳型が出土しておらず詳しい鋳造方案は明らかになっていないことや、三角縁神獣鏡のなかには中国語の漢字銘文を持つものもあるが中国大陸ではいまだ出土していないことなど、今日においても謎が多く残る青銅鏡である。

本研究では、鋳造シミュレーションによる湯流れ、凝固解析および蛍光X線分析から、古代における青銅鏡の製作技術ならびに材料学的特徴を解明することを目的とした。

2.研究の対象および研究方法

研究の対象は泉屋博古館所蔵の三角縁神獣鏡4面である。 ここではそのうちの三角縁三神五獣鏡(これより以下M24と する)の研究結果を紹介する。

研究方法は、M24を3Dスキャンして得られたポリゴンデータの欠損などをデータ上で修復した後、鋳造シミュレーションを実施した。また、富山大学鋳造実験室で復元鋳造された三

角縁神獣鏡について外観観察および蛍光X線分析を行った。

3.結果と考察

まず、M24のポリゴンデータの修復を行った。行った作業は 一、縁や紐のさびによる凹凸をなくすためポリゴンデータを元に新しく作り替える 二、鋳造後鏡面を研磨したであろうことを考慮し、1 mmの厚みをつける の2点である。図1に修復したM24のポリゴンモデルを示す。

次に、この修復したデータを用いて鋳造シミュレーションを行った。ここでは図2のように鏡背面下60°に傾斜させて鋳造した場合の凝固シミュレーション結果を図3に示す。凝固に時間がかかった箇所は湯口、紐、右下の縁部分であった。鋳造の際、最後に凝固する部分に鋳造欠陥であるひけが生じやすいため、紐と三角縁の右下部分にひけが起こる可能性が高いと考えられる。

次に復元鋳造したM24の蛍光X線分析を行い、各位置の SnとPbの割合を調べた。最終凝固域にSnとPbの割合が高く なるのではと想定したが、Sn含有量は21~23wt.%と比較的 均質であり、Pb含有量は2.4~9wt.%と大きくばらつく結果 が得られた。ただし、凝固過程の影響は推察できなかった。

4.まとめ

今後、鋳造方案や注湯条件を変え、より多くの条件におけ

るシミュレーションを実施することが必要である。同時に、復 元鏡の材質データを増やすことで、今後の三角縁神獣鏡の製 作技術研究が進展することが期待される。



図1)修復後のM24ポリゴンモデル

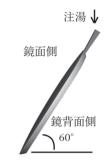


図2)シミュレーションのための鋳物の配置例 (鏡背面を下側にして60°傾斜した場合)



図3)注湯終了後80.7秒経過時の凝固状況 (白色部分が凝固完了領域)

大郷コレクションの素材研究

門馬ゆめ

地域キュレーションコース

文化財科学

研究の目的

大郷コレクションは富山県出身の華道家大郷理明氏が長年にわたる活動の中で収集し、富山大学に寄贈された青銅花器を中心とする作品群である。コレクション中の青銅花器は336点であり、それらの制作年代は江戸時代後期から昭和にわたる。

本研究では、大郷コレクションの青銅花器の形状や制作時期、工房における素材の成分の違いを調査し、近代における 鋳金技術を明らかにすることを目的とした。

研究の対象および研究方法

研究の対象は大郷コレクションの青銅花器のうち169点である。これらの成分を知るために蛍光X線分析による定量分析を行った。青銅の分析方法としては、資料から一部をサンプリングして行う方法もあるが、できるだけ資料を損壊させたくないことから、代表的な非破壊分析法である蛍光X線分析を選択したものである。なお、分析は、資料の着色部が剥げて地金が出ている部分を狙って行った。

結果と考察

169点のうち、純銅に近い成分のものは3点あった。また、亜鉛を含む合金(真鍮製)は少なく、10%を超える亜鉛を含むものが13点、七三黄銅(亜鉛を30%含む合金)は1点もない。多くの大郷コレクションの花器は、主に鉛入りの青銅で作られていることが分かった。錫はいずれも概ね数パーセントの量を含むが、鉛については数パーセントから20%を超えるような量を含むなど、ばらつきの大きいことが判明した。図1、2に分析データの典型例を示す。須賀松園工房の須賀正紀氏の聞き取り記録によると、鉛は湯流れ性の改善、着色や出来上がりの色合いの影響などを理由に添加されていた、とある。さらに、銅合金中の鉛は被削性を改善することが複数の文献に記述されているため、そうした用途も期待されていたことが推測される。よって、鉛は湯流れの改善を期待するだけでなく、被削性の改善や着色の効果を上げるために制作者が経験に基づき、添加していたと考えられる。

まとめ

今後、湯流れの検証を行っていくことが必要である。そのため、複数の花器について3Dスキャナによるポリゴンデータを取得し、鋳造シミュレーションを実施していくことが必要である。



写真1)MO-01 富山県立工芸学校銘 花器/作者不明

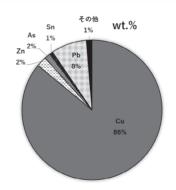


図1)MO-01の定量データ



写真2)MO-36 蔦文薄端花器/須賀松園

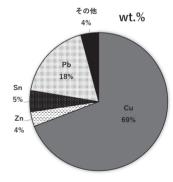


図2)MO-36の定量データ

[主要引用文献、参考文献、URL] 参考1)泉屋博古館・富山大学芸術文化学部/『鋳物・モダン 花を彩る銅のうつわ』/2021

中国古代青銅鋳物の非破壊成分分析と鋳造方法の解明

小玉蘭

芸術文化キュレーションコース

文化財科学

目的

文化財には、何千年もの歴史が詰まっている。人類の長い 鋳造技術史上、中国古代青銅器は複雑で精緻な文様が初め て施されたことが大きな特徴であり、技法など、まだ解明され ていないことも多い。

ところで、古代の青銅鋳物の成分分析は、腐食層の影響で 蛍光X線分析によって非破壊で定量値を得ることが不可能で あり、精度の高い分析値を得るためには破壊を伴う湿式分析 等に頼る方法が以前は採用されてきた。しかし、貴重な人類 の財産である文化財を傷つけることはほとんどの場合許され ないため、非破壊での新しい定量分析法の開発1)が求められ ている。

一方、鋳造解析技術の発展により、鋳造実験をコンピュータでシミュレーションすることが精度よくできるようになった。 IT技術の進歩によって、各種の鋳造ソフトが市販され、3次元 CADモデルをベースとした製品設計、生産準備、生産までを効率よく行うことが可能である。実際に、自動車の設計や生産において鋳造品設計、型・方案設計及び不良対策の道具として利用され、新しい鋳造製品の開発、高品質化、低コスト化などに役立っている。 本研究では、古代中国の青銅器を対象に、金属組織による 新しい非破壊分析方法によって成分を推定し、そのデータを 活用して鋳造シミュレーションを行うことで、古代の中国にお ける鋳造技術を明らかにする。

研究方法

研究対象とした分析資料は、いずれも京都の泉屋博古館 所蔵の驫氏編鐘*(戦国前期)、蟠螭文鐘(春秋後期)、剣、銅 戈だ。

これら中国の古代青銅鋳物のデジタルマイクロスコープによる表面観察から得られた金属組織をもとに、各構成相の割合を解析することで、非破壊で主要三元素の簡易定量分析を行った。得られた金属組織写真をAdobePhotoshopと画像処理ソフトWinROOFにより解析し、 α 相および共析相といった各構成相の面積率を求めた。このデータをもとに、青銅の主要三元素である銅(Cu)、錫(Sn)、鉛(Pb)の定量値を推定した。

その後、得られた定量データと、3Dスキャナで得られた鋳物の3Dポリゴンデータを用いて、驫氏編鐘を対象に鋳造シミュレーションソフトウエア(JSCAST)により鋳造解析をし、実際にどのように制作されたかを考察した。

※驫は、正しくはがんだれ〈厂〉に驫

結果

コンピュータで画像解析を行い、その成分値を元に鋳造解析を行った。画像解析では、腐食された組織の状況で成分値が変動しやすいため、無研磨で精度の高いデータを取得することは難しく、何らかの工夫が必要になるかもしれない。

鋳造シミュレーションでは、最後に凝固する位置(図1)が 湯口系内にはないことが判明したことから、編鐘内部に鋳造 欠陥が生じると推測できる。ただし、この付近に目に見える欠 陥はなく、さらなる調査が必要である。

コンピュータで分析することで、長い歴史の中で作り上げられてきた文化遺産を破壊することなく素材や技術さえも簡単に解明できる。だが、コンピュータでの成分分析や鋳造シミュレーションではまだ成分に誤差が生じ、鋳造欠陥の予測精度にも改善の余地がある。この方法を確立するためには実際に再現鋳造実験をし、コンピュータの結果との比較が必要と考える。

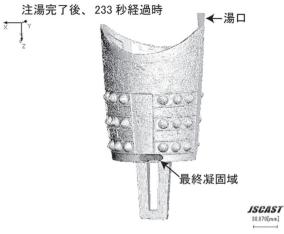


図1)鋳造(凝固)シミュレーションの結果

「引用文献、主要参考文献、URL】

参考1)長柄毅一、廣川守、奥山誠義、飯塚義之、三船温尚、菅谷文則、横田勝/『古代青銅鏡の鏡面から取得した金属組織画像による非破壊定量分析』/日本銅学会第57第1号/2018/pp.30-36

110

111