

名古屋城金鯨関連資料の非破壊定量分析

杵名 貴彦⁽¹⁾・朝日 美砂子⁽²⁾・酒井 将史・村上 慶介・二橋 慶太郎

キーワード

名古屋城、金鯨、非破壊定量分析、蛍光エックス線分析法、表面観察、走査型電子顕微鏡、表面処理、色付

はじめに

名古屋城大天守大棟の両端を飾った金鯨は、1945年5月14日の名古屋大空襲によって大天守と共に灰燼に帰した。しかし金鯨の一部は、戦前・戦後に回収され、名古屋城総合事務所にて保管・伝世されてきた。その総合的な調査が近年行われており、現存する経緯などについては朝日が詳細に検討し(朝日 2025)、酒井によって基礎的調査として資料の三次元計測や金板部分の測色に関する調査が(酒井 2025)、村上・大西によって発掘調査で出土した金板片について報告されている(村上・大西 2025)。

本稿では、総合調査の一端として金鯨表面を覆った鱗など金板の材質について、蛍光エックス線分析法を用いて非破壊分析、走査型電子顕微鏡により金板表面の詳細観察を行った結果について報告する。その結果から、金鯨の製作技法や変遷の一端を解明することを目的とする。

1 資料の概要

名古屋城総合事務所保管の金鯨関連資料の詳細は、前述のように朝日が経緯などについて、酒井が基礎的調査を報告している。そこでは、共通した資料番号で整理・分類されているため本稿もその資料番号に従うこととし、まずは資料の分類について酒井の論考から引用し、調査対象資料の性格を述べたい。

金鯨関連資料は朝日によって収集経緯から3種に分類されており、資料は大小さまざまな状態である。本稿では、下記の合計31点(銅板のみを含めると合計32点)について報告する。

- ①空襲前に金鯨本体から脱落し、あるいは盗まれ、その後再収集された鱗断片及びその関係資料である。南鱗より外れたと記録される3号、4-1~6号、北鱗の東南資料に関連する1号、2号、18号、19号、戦後に周辺より発見され北鱗か南鱗のいずれか不明な12号、13号、15号、20号の計15点。
- ②空襲被災後、大天守周辺の焦土から拾い集められた鱗断片及び金属塊があてはまる。隠匿し米軍の接収を免れた南鱗の一部である5号~11号、戦後に周辺より発見された14号、16号(銅板のみ)、17号、21号の計11点。
- ③近年の名古屋城内における発掘調査から出土した金色の破片。名古屋城搦手馬出の石垣解体に伴う発掘調査中に発見された搦手1、内堀北・西側の発掘調査で出土した内堀89、内堀101、内堀247、内堀256、内堀260の計6点。

金鯨は、芯となる木材(真木)に鉛板、銅板、金板の順に貼られていたことが『金城温古録』にみえる。加えて、名古屋城築城にあたる慶長15年(1610)によって最初に作られた金鯨は、116年後の享保11年(1726)、その後の文政10年(1827)の2回造替された記述がみえるが、一部なのか全体かは判明しない。享保の修復(ママ)では慶長に比べて金を薄くし、さらに文政ではより薄くしたこと、銀を多く混ぜたことなどが記述されている。つまり、三種類の金鯨鱗が存在し、造替により厚さと共に金濃度が低くなった(銀濃度が高くなった)ことが、『金城温古録』に記されているのである。

前述の現存資料は、金板を銅板に貼り付けたもの、金板のみ、銅板のいずれかであり、部位は鱗、鰭、蛇腹などである。①~③のうち、金板と銅板が一体のものは、3号、4-1~6号、5号~12号の計15点である。金板のみの資料

は13号～15号、18号～21号、搦手1、内堀89、内堀101、内堀247、内堀256、内堀260の計13点である。16号は銅板のみで、17号は金板と銅板が分離しているがもとは一体であったものと判明している。

今回、金板と銅板が一体の資料は、金板部と銅板部について調査を実施した。金板のみの資料は、基本的に金色に近い面を表側〔表面（ひょうめん）と混同しないために本表記にする〕に淡い面を裏側とし（差がわからないものは適宜決定）、両面に調査を実施した。銅板も金板側を表側、反対を裏側とした。

2 調査方法

（1）金鯨関連資料の非破壊定量分析

金鯨の金板や銅板部の非破壊定量分析には、蛍光エックス線分析法を用い、調査機器は、セイコーインスツルメンツ社製SEA5230HTW（山梨県立博物館設置）を使用した。測定条件は、管電圧：50kV、管電流：自動設定、測定面積：1.8mm φ、測定時間：200秒、測定環境：大気、である。定量方法は、標準試料を用いたファンダメンタルパラメーター法を使用した。測定は大型資料5ヶ所、小型資料では3ヶ所測定を行い、平均を算出している。

調査に関する補足事項を述べる。まず、金板の調査である。2号はサンプル瓶封入資料のため、測定を行わなかった。14号と18号は大きささまざまな破片を回収した資料のため、14号は破片2点、18号では破片3点に実施した。19号は3点からなる資料で、最大サイズの資料1点とした。21号は4点の資料であり、表裏の状態のよい1点を対象とした。また、各資料は焼失時の焼損や被熱などによる変色や物質の付着、その後の履歴による付着などもみられるが、極力表面に他物質の付着などがみられない場所を分析箇所を選定し、測定を行っている。

次に、銅板の調査である。3号は曲面のため裏側の銅板は凹面となり、測定ができなかった。16号は金板が失われており、形状から金板側を表側、反対を裏側とした。17号は金板が分離するため金板側を表側、反対を裏側とした。銅板表面は緑青や黒色、赤色の銅酸化物などで覆われており、その上から測定を行っている。

資料の集合画像をカラー口絵6に掲載するが、各資料の詳細画像やサイズや形状などの詳細情報は、前述の酒井論考を参照されたい。

（2）金鯨関連資料表面の詳細観察

製作技法の確認のため、一部の資料表面について走査型電子顕微鏡を使用して表面の詳細観察を行った。調査機器には、日本電子株式会社製JSM-7900F（名古屋市工業研究所設置）、FEI株式会社製QUANTA600（山梨県立博物館設置）を使用した。観察条件は、加速電圧：15kV、観察環境：高真空、である。観察は、二次電子像と反射電子像の両モードで実施した。

3 調査結果及び考察

（1）金鯨関連資料の非破壊定量分析

金板に含まれる金銀銅の定量分析結果は、表1にまとめた。各元素での資料間の比較のため、元素濃度を図1～図3に棒グラフで示し、三元素の関係性をみるため図4には金銀銅の定量値にもとづく三角図で金板の分布状況を示した。

最初に各資料の金濃度について検討する。表1及び図1からみえるように、資料31点の金濃度は幅がみられるため、金濃度10wt%毎に分類して検討する。

- ①金濃度80wt%以上：1点（及び1ヶ所）
5号、（7号表補修部）
- ②金濃度70～80wt%：5点
3号、6号、7号、13号、21-1号

③金濃度 60～70wt%：20点

4-2号～4-4号、8号～12号、14-1号～15号、17号～20号、搦手1、内堀89、内堀247、内堀256、内堀260

④金濃度 60wt%以下：5点

1号、4-1号、4-5号、4-6号、内堀101

第一に金濃度 80wt% を超える資料は、5号1点のみである。5号は 88.65wt% と、他の資料から突出して高い値を示す。7号表補修部も 80wt% を超えるものの、本体は 76.40wt と補修部に比べて若干低く、同時期とは考えにくい。そのため修復がいつ行われたのか、固定釘の形状から明治以降と推定されるが判然しない。

金濃度が 70～80wt% の資料は 5点であり、13号と 21-1号は銅板がないため表裏を分析している。表裏の色調は、若干裏側の黄色が薄い。しかし分析結果では表裏で金濃度には大差なく、ほとんど同じ値を示している。

金濃度が 60～70wt% の領域の資料が最も多く、20点を数える。このなかで一番高い資料は 18-1号で 70.20wt% (表)、69.72wt% (裏) あり、低いものは内堀 89 の 60.79wt% (表)、60.43wt% (裏) である。この領域の資料は表裏を分析可能な資料が多く、その結果は両面で値の差はほとんどみられず、最大で 14-2号が表裏 3wt% 差であった。しかし色調は前述のように異なり、裏側が淡い黄色である。

金濃度 60wt% 以下の資料は 5点で、最低値は内堀 101 の 52.25wt% (表)、52.18wt% (裏) である。しかし、表裏とも色調は黄色を呈し、裏側は表側に比べて淡い点で他と一致する。1号インゴットの経緯を述べると、昭和 12 年 1 月に起きた北鯨鱗盗難事件が当てはまる。事件によって盗難された金板は金塊につぶされ、その後名古屋市が金塊を買い戻した。そして大阪造幣局において金塊と購入した金を使用して金

板が新作され、修復された。新作した金板の純度は十四金 (約 58.5wt%) であり、余った金塊はインゴット (1号) にされた。製作された 1号の金濃度は 54.18wt% であり、今回の結果 (表 53.70wt%、裏 53.75wt%) と合致する。

銀濃度に着目すると、金銀では反対関係となり、金濃度が高い資料は銀濃度が低くなると考えられた。特に表裏がみえる資料では、金銀濃度は色調の違いで現れる。今回、金により近い色調を表側、淡い側を裏側とし、表裏両側を分析した資料では裏側が淡い色調のため銀濃度は高くなると考えられた。表 2 および図 2 で示されるように、前述の金濃度とは逆関係、銀濃度が 40wt% を超えるのは 1号、4-1号、4-6号、内堀 101 の 4点である。両面測定可能な資料では裏側の銀濃度が高くなると考えられたが、明確に当てはまる資料は表裏で 4wt% 差がみえる内堀 260 のみである。ほかは金銀濃度が同等、もしくはほとんど差がみられない。

銅濃度はほとんどが 3wt% 以下と、わずかしが含まれない。最も高い資料は、14-2号裏側の 5.42wt% である。14-2号の裏側は全体に黒色物質が付着しており、銅の酸化物の可能性が考えられる。他にも銅濃度が高い 4-2号、10号、11号、14-1号表、14-2号裏、17号裏 (17号は銅板が付属するが金板が外れる資料で、裏側は銅板と接触している) は、いずれも表面に銅関連物質が付着しており色調が悪く、銅濃度が高くなったと考えられる。

以上の分析結果から、金板の金濃度は最高 88wt% 以上 (5号) から最低 52wt% (内堀 101) と約 35wt% の幅が確認されたが、その色調は多少の差はみられるものの金色からレモン色を呈している (カラー口絵 6)。参考資料画像として、金銀銅合金の含有量による色調変化のカラープレート (山梨県立宝石美術専門学校蔵) を示す (カラー口絵 7)。これをみると明

表1 名古屋城金鯨金板部の非破壊定量分析結果

		Au		Ag		Cu		備考
		平均	誤差	平均	誤差	平均	誤差	
1号	表	53.70	0.13	46.01	0.14	0.29	0.01	再溶解インゴット
	裏	53.75	0.12	45.99	0.10	0.26	0.02	
3号	表	76.00	0.46	23.18	0.40	0.80	0.05	
4-1号	表	53.14	0.52	45.78	0.51	1.06	0.12	
4-2号	表	67.39	1.70	29.06	0.71	2.43	1.32	鉛付着（黒色部）
4-3号	表	65.73	0.21	32.68	0.27	1.58	0.10	
4-4号	表	68.52	0.81	30.17	0.59	1.19	0.27	
4-5号	表	59.92	0.09	39.18	0.08	0.90	0.02	
4-6号	表	53.32	0.39	45.47	0.38	1.14	0.22	鉛付着（黒色部）
5号	表	88.65	0.48	9.99	0.36	1.29	0.18	鉛付着（黒色部）
6号	表	76.31	1.74	22.03	1.63	1.39	0.33	表面色調悪、鉛付着
7号	表	76.40	0.81	22.71	0.71	0.80	0.10	金板補修部分有
	表補修	82.77	0.42	15.97	0.25	1.22	0.15	
8号	表	63.42	0.44	35.13	0.34	1.43	0.09	表面色調悪、鉛付着
9号	表	67.36	0.34	31.25	0.27	1.36	0.14	表面色調悪、鉛付着
10号	表	65.13	1.06	31.47	0.35	3.05	0.67	表面色調悪、鉛付着
11号	表	64.51	0.22	31.31	0.33	4.11	0.33	表面色調悪、鉛付着
12号	表	62.53	0.46	36.34	0.36	1.11	0.07	鉛付着（黒色部）
13号	表	75.65	0.27	22.12	0.24	1.90	0.04	
	裏	76.31	0.27	21.74	0.16	2.01	0.09	
14-1号	表	65.87	0.23	30.94	0.56	3.13	0.33	
	裏	65.71	0.08	32.59	0.13	1.72	0.11	
14-2号	表	65.49	0.19	31.97	0.15	2.40	0.35	表面色調悪、Pb付着
	裏	62.43	0.20	31.62	0.85	5.42	1.11	
15号	表	65.84	0.29	32.65	0.19	1.49	0.08	
	裏	65.47	0.21	32.73	0.37	1.59	0.05	
17号	表	69.02	0.44	29.95	0.28	1.02	0.12	
	裏	67.99	0.60	28.45	0.37	3.40	0.54	
18-1号	表	70.20	0.39	28.54	0.55	1.17	0.11	多数の小片中から3点選択
	裏	69.72	0.08	28.26	0.40	1.85	0.41	
18-2号	表	67.72	0.30	30.76	0.21	1.48	0.08	
	裏	67.70	0.06	30.37	0.18	1.92	0.12	
18-3号	表	67.12	0.23	30.55	0.17	2.33	0.06	
	裏	67.13	0.24	30.97	0.22	1.89	0.03	
19-1号	表	65.90	0.21	32.49	0.23	1.60	0.02	
	裏	65.88	0.13	32.69	0.10	1.43	0.03	
20号	表	65.84	0.20	32.52	0.11	1.65	0.09	
	裏	65.68	0.21	32.68	0.16	1.63	0.09	
21-1号	表	74.77	0.25	24.26	0.32	0.96	0.07	小片4点のうちの1点、鉛付着
	裏	73.84	0.14	23.77	0.05	2.36	0.15	
搦手1	表	66.67	0.40	31.97	0.25	1.31	0.23	
	裏	65.84	0.27	32.40	0.30	1.58	0.39	
内堀89	表	60.79	0.35	38.17	0.34	1.04	0.02	
	裏	60.43	0.14	38.51	0.12	1.06	0.03	
内堀101	表	52.25	0.07	46.65	0.07	1.11	0.02	
	裏	52.18	0.09	46.47	0.06	1.35	0.03	
内堀247	表	63.58	0.17	35.46	0.16	0.96	0.01	
	裏	62.98	0.25	36.14	0.22	0.87	0.03	
内堀256	表	70.25	0.77	28.97	0.82	0.75	0.05	
	裏	68.67	0.53	30.53	0.49	0.78	0.05	
内堀260	表	66.67	0.40	31.97	0.25	1.31	0.23	
	裏	62.24	4.55	36.78	4.42	0.97	0.14	

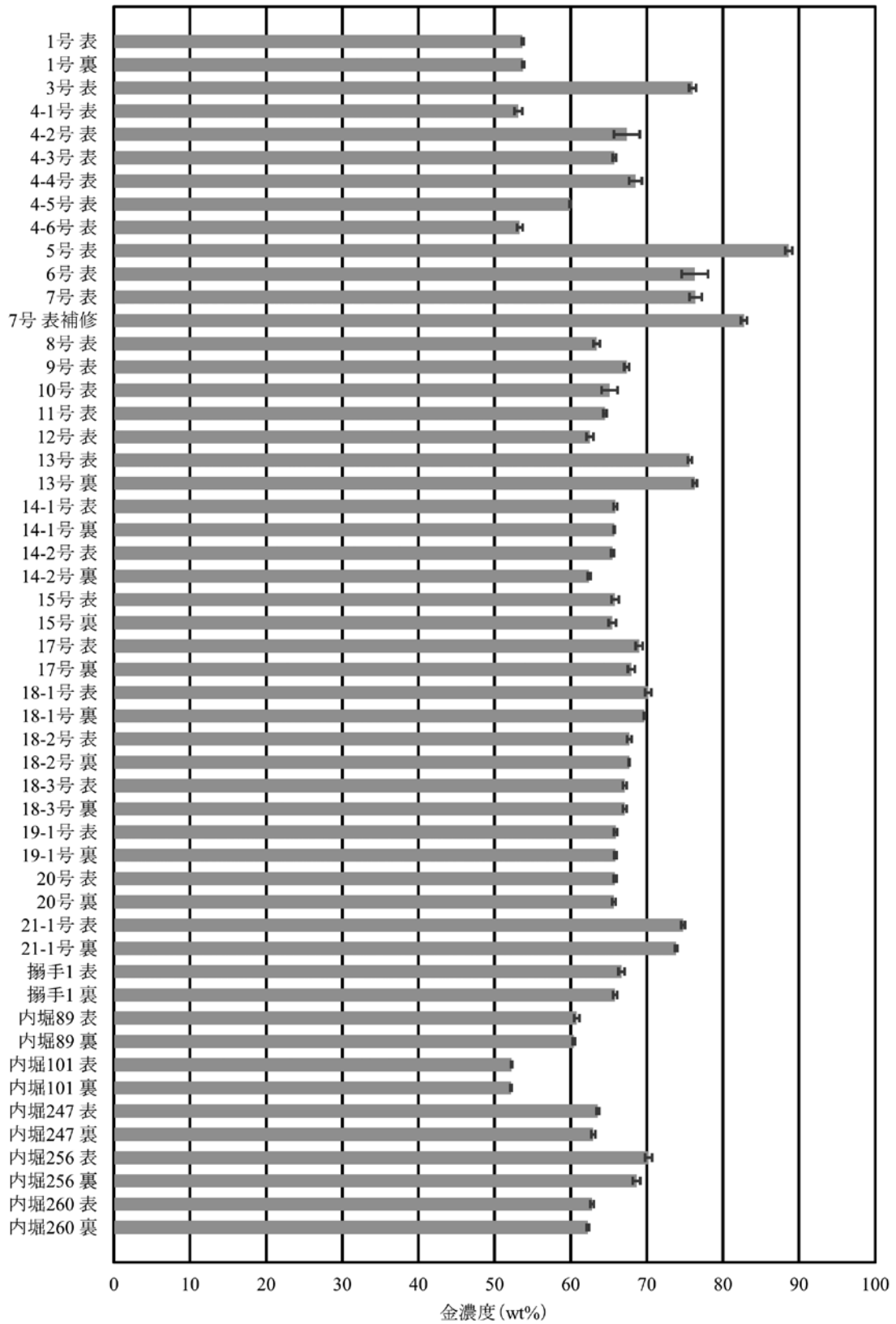


図1 金板の金定量値

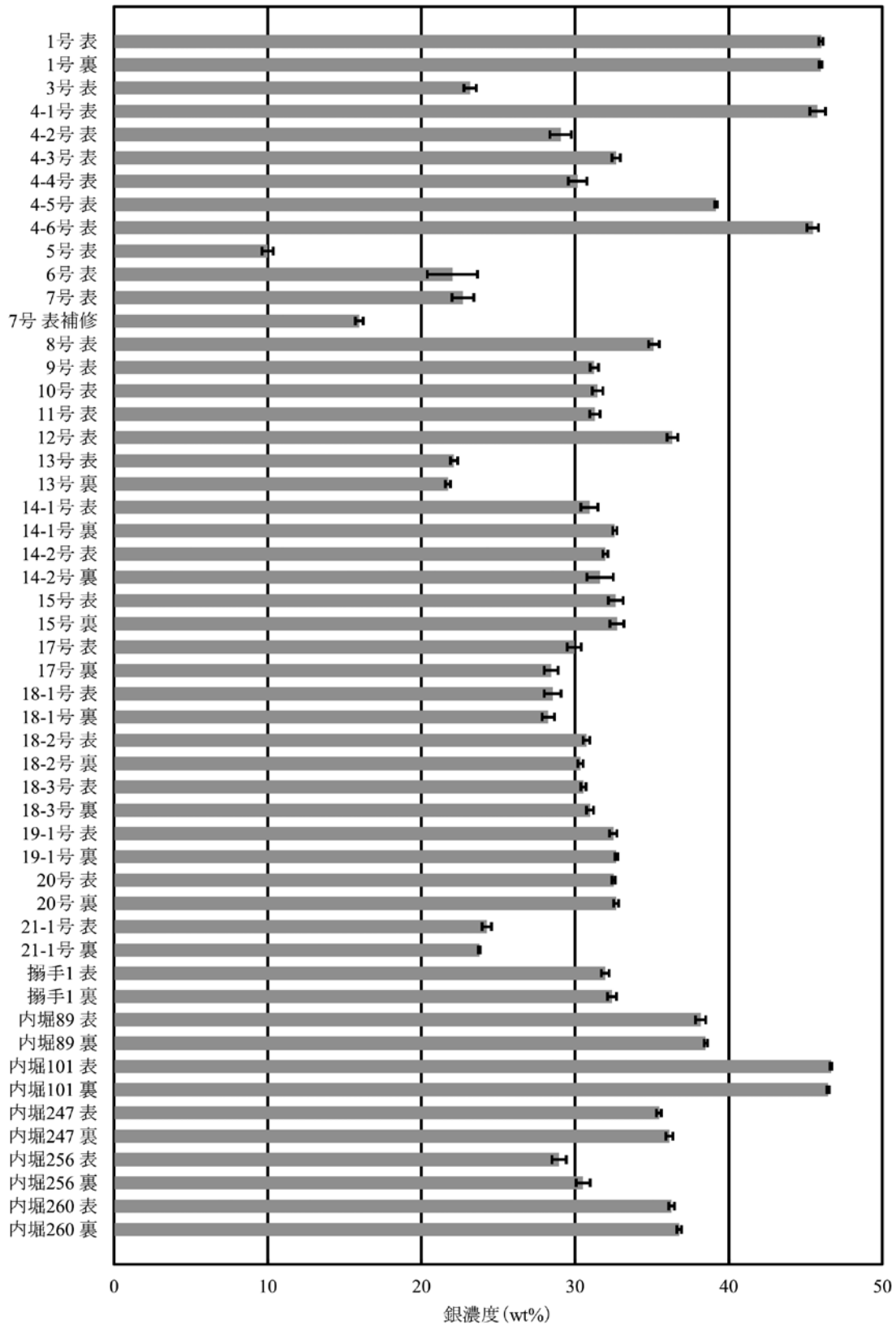


図2 金板の銀定量値

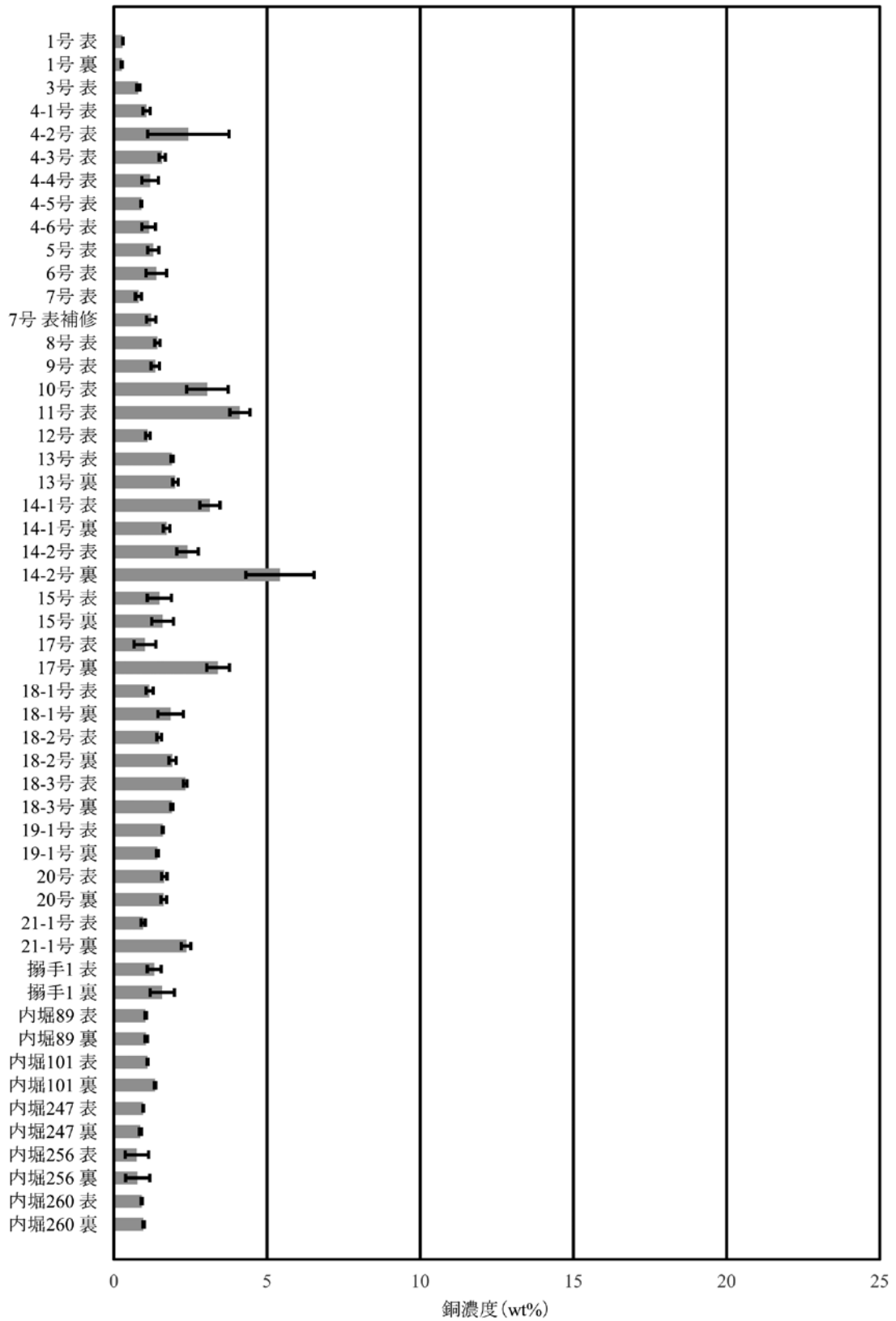


図3 金板の銅定量値

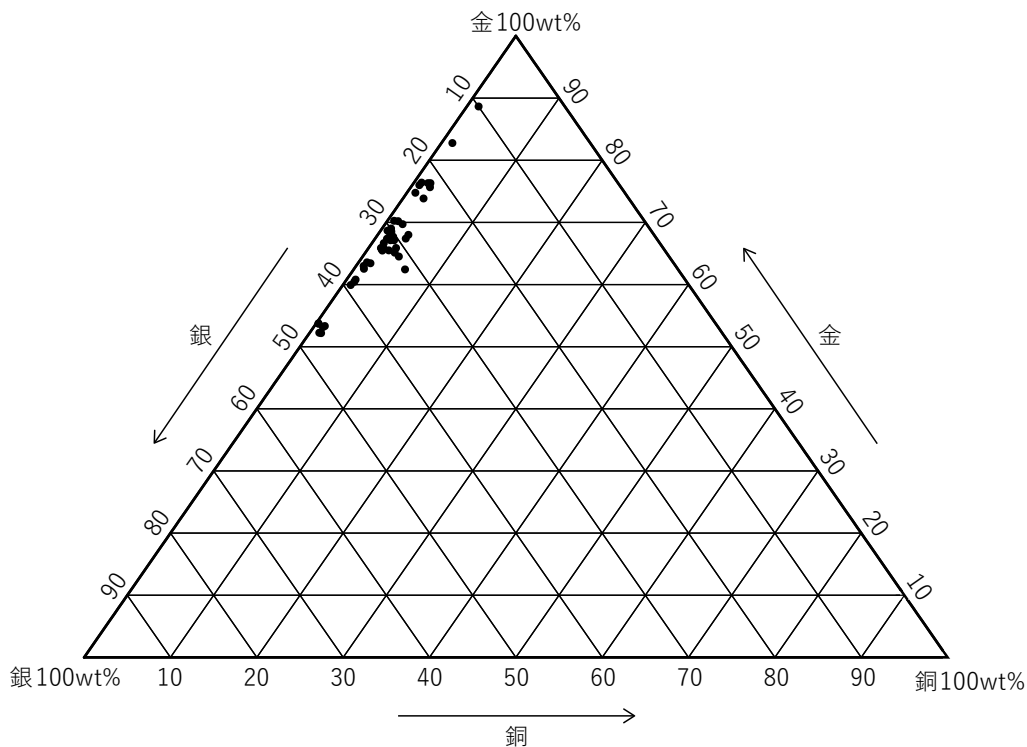


図4 金板の金銀銅成分値

白であるが、金銀合金では銀の含有量が増えると色調が淡くなり、金 80wt% 以下でレモン色、60wt% 以下ではほぼ銀色と、銀が増えるにつれ色調は黄金色からレモン色、銀色へ変化する。今回の資料のように低濃度の金板でも表面がレモン色である理由には、金板になんらかの表面処理が施されていることが考えられる。

金の表面処理では、銅板への水銀鍍金がある。銅板に水銀アマルガムを塗布した後に水銀を加熱除去して銅板表面を金色にするもので、古代より使用された。ほかでは、江戸時代の小判に使用された「色付」がある。薬剤（色付薬）を用いて金銀合金中の表面近傍の銀成分を除去して金濃度を向上させ、表面の色調を改善する表面処理技術である。小判は、金座後藤家によって当初は江戸・駿河・京・佐渡で製作されたが、1600年代中に駿河と京は廃止され、江戸と佐渡の2ヶ所となった。この技術が当時の金工職人にどれほど広まっていたのか不明であるが、

名古屋城の金鯨に用いられた可能性は充分考えられる。この技術の確認方法として、走査型電子顕微鏡による表面処理痕跡の観察が挙げられる。

銅板は、金板の裏側部に分析を行った。その結果を表2に示す。銅板は高いものでは99wt%以上の純銅で、全てで90wt%以上である。不純物に鉛が若干含まれるが、スズは1点を除き0.1wt%以下であった。

また、前述のように金鯨は真木（木部）の上に鉛板、銅板、金板の順で貼られていた。そのため、築城以降の経年や戦災の影響で金板や銅板に銅や鉛板が付着した可能性が大いに考えられる。金に銅はわずかに含まれるが、14-2号裏面、11号表面、17号裏面のように金板の分析で銅が高いのはその影響とみられる。同様に表1中の備考には、分析で表面に鉛の付着があるものを記した。これは戦災で鯨が焼失した際に下地の鉛が表面に付着したとみられる。

表2 名古屋城金鯨銅板部の非破壊定量分析結果

		Cu (wt%)		Sn (wt%)		Pb (wt%)		備考
		平均	誤差	平均	誤差	平均	誤差	
4-1号	裏	93.45	2.83	0.03	0.01	2.78	2.51	鉛付着
4-2号	裏	94.62	3.11	0.02	0.00	2.15	2.11	鉛付着
4-3号	裏	96.26	0.89	0.01	0.00	3.48	0.79	鉛付着
4-4号	裏	97.27	1.43	0.01	0.00	1.67	1.05	鉛付着
4-5号	裏	98.73	0.91	0.01	0.00	0.50	0.56	
4-6号	裏	98.24	0.66	0.01	0.00	1.20	0.64	鉛付着
5号	裏	98.82	0.83	0.01	0.00	0.58	0.51	鉛付着
6号	裏	99.13	0.36	0.04	0.09	1.64	6.94	鉛付着
7号	裏	99.35	0.17	0.01	0.00	0.57	0.18	
8号	裏	96.28	1.73	0.01	0.00	1.67	1.42	鉛付着
9号	裏	96.49	2.12	0.01	0.00	1.33	1.37	鉛付着
10号	裏	99.32	0.05	0.01	0.24	0.67	0.05	鉛付着
11号	裏	99.32	0.26	0.01	0.00	0.54	0.20	鉛付着
12号	裏	94.29	1.35	0.01	0.01	4.96	1.40	
16号	表銅	91.40	2.39	1.62	0.10	5.72	2.18	鉛付着
	裏銅	97.85	1.08	0.27	0.27	0.98	0.65	鉛付着
17号	表銅	98.14	0.92	0.04	0.01	0.94	0.76	鉛付着
	裏銅	99.71	0.19	0.01	0.00	0.19	0.16	

(2) 金鯨関連資料表面の詳細観察

金鯨に用いられたとみられる「色付」の痕跡を確認するため、走査型電子顕微鏡を用いて金鯨金板の表面観察を実施した。図8には、先ほどの各金濃度の区分に従い調査した資料表面の電子顕微鏡画像（反射電子像）を示す。

図5-1は金濃度が最も高く90wt%に近い5号である。表面に1 μ m以下の穴の痕跡がわずかにみられる。図5-2は5号の次に高い7号の補修部である。明確な穴は認められないが、表面に凹凸が観察される。一方、図5-3は7号の他の表面である。穴と共にひび割れや凹凸の状況が表面に確認するが、補修部と異なる様相を呈するため、後世に行われた補修のように考えられる。次に、金濃度70wt%台の資料として3号を図5-4に示す（図5-3も70wt%台）。表面に穴と共に細かな凹凸を確認した。調査資料のうち最も多い金濃度は、60wt%台である。該当資料として4-3号（図5-5）、12号（図5-6）の2点には、表面の凹凸と共に多数の穴がみられる。穴の大きさが

4-3号は12号に比べて半分以下（0.1 μ m程度）の微小サイズである。最も金濃度の低い60wt%以下では、4-6号（図5-7）をみると表面の凹凸も然る事ながら無数の微小の穴が全体にみられる。サイズは直径0.1 μ mにも満たない。サイズは図5-5と似ているが、数が大きく異なる。

「色付」は、前述のように小判に用いられた表面処理であり、その最初は天正大判とされてきたが、現在最も古い確認事例は首里城で出土した金製厭勝銭(15c後半～16c初頭)である(沓名2018)。痕跡の比較参考資料として、天正大仏大判及び正徳佐渡小判の電子顕微鏡画像を図6-1, 2に示す(沓名2013)。天正大仏大判の濃度は金77.9wt%、銀21.1wt%、銅0.9wt%、正徳佐渡小判は正徳小判の品位で84.29wt%である。天正大仏大判では大小細かい穴が多数みられるが、正徳佐渡小判では穴が多少確認する程度である。このように穴の形状や数など時期や品位により異なる。しかし、最初の慶長小判から全ての小判で「色付」が処置され、表面処

理が製作時期で変化することが破壊分析で報告されている（上田 1993、齋藤 2014）。そのため、金鯨関連資料に「色付」がなされている可能性が考えられる。

「色付」作業の様子は、佐渡金銀山での金生産作業を描いた佐渡金銀山絵巻において小判製作の場面が描かれており、最後の作業工程として「色付」が描かれている（図7）。

おわりに

金鯨関連資料に対し非破壊定量分析を実施した結果について報告した。合計 31 点は金濃度が 90wt% 弱から 50wt% 強までばらつきがみられ、複数回の造替によるものと考えられた。各濃度と造替の関係性は、今後の検討で明らかになるであろう。あわせて、表面には表面処理「色付」がされている可能性が示された。江戸期の小判以外で確認された初めての事例と考えられ、本技術の利用や普及を考える上で非常に興味深い。さらなる調査により、金鯨の実態解明が進むことを期待したい。

謝辞

本研究は、山梨県立博物館設置の機器を調査で使用しました。一部の調査は、名古屋市工業研究所の機器を使用し、浅野成宏氏に協力賜りました。

《Title》

Non-destructive quantitative analysis of “*Kin-shachi*” related artifacts in Nagoya Castle

《Keyword》

Nagoya Castle, *Kin-shachi*, non-destructive quantitative analysis, X-ray fluorescence analysis, surface observation, Scanning Electron Microscope (SEM), metal finishing, *Irotsuke*; surface enrichment technique for the coloration of electrum

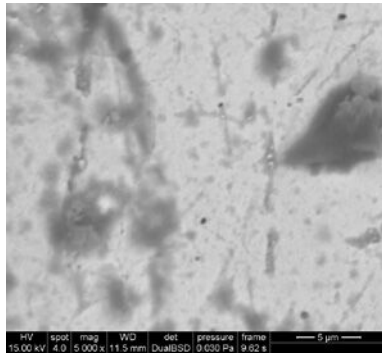
本研究は、JSPS 科研費 JP20K01111、JP23H00122 の助成を受け実施しました。感謝申し上げます。

註

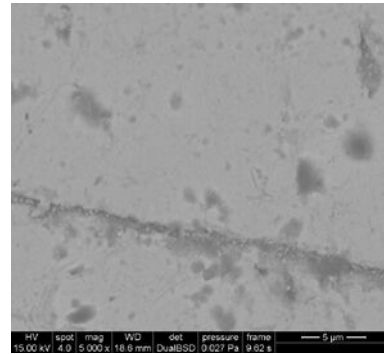
- (1) 独立行政法人 国立科学博物館産業技術史資料情報センター 科学技術史グループ長
- (2) 元名古屋城調査研究センター学芸員

参考文献

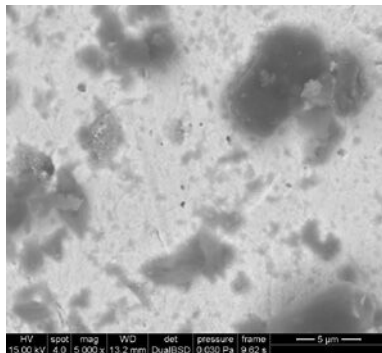
- 朝日美砂子 2025 「名古屋城 天守金鯨 過去と今」『名古屋城調査研究センター研究紀要』第 6 号、pp. 11-38
- 上田道男 1993 「江戸期小判の品位をめぐる問題と非破壊分析結果について」『金融研究』第 12 巻 2 号、pp. 103-125
- 杵名貴彦 2013 「東京大学経済学図書館所蔵の古金銀貨幣の科学調査について」『東京大学経済学部資料室年報』第 3 巻、pp. 31-35
- 杵名貴彦 2018 「首里城継世門北地区出土の銭貨状金製品の科学調査について」『沖縄県立埋蔵文化財センター調査報告書 首里城跡 一継世門北地区発掘調査報告書一』第 97 集、pp. 129-131
- 齋藤努 2014 「江戸期小判などの色揚げに関する自然科学的研究」『国立歴史民俗博物館研究報告』第 183 集、pp. 1-44
- 酒井将史 2025 「名古屋城金鯨関連資料の基礎的調査」『名古屋城調査研究センター研究紀要』第 6 号、pp. 165-178
- 村上慶介・大西健吾 2025 「〈資料紹介〉名古屋城内における発掘調査出土の金薄板片について」『名古屋城調査研究センター研究紀要』第 6 号、pp. 15-20



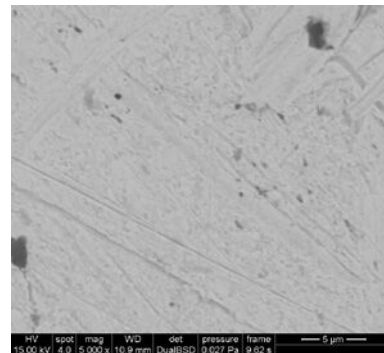
1. 5号



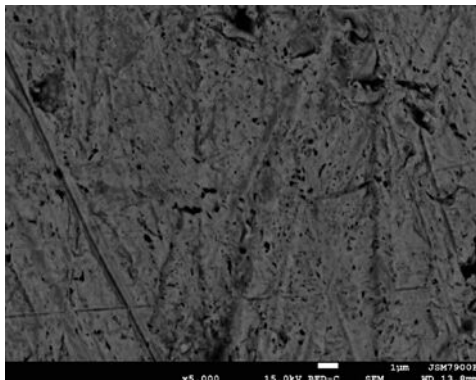
2. 7号 (補修部)



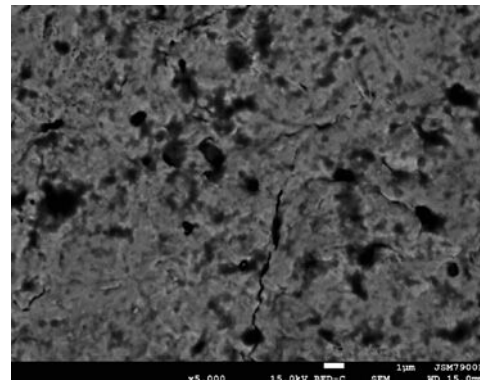
3. 7号



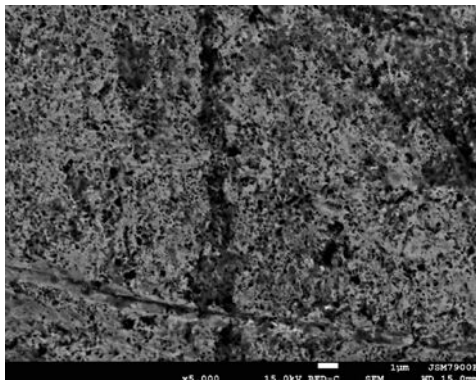
4. 3号



5. 4-3号

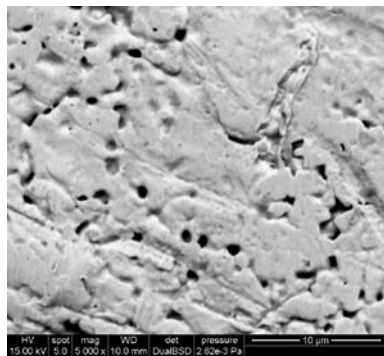


6. 12号

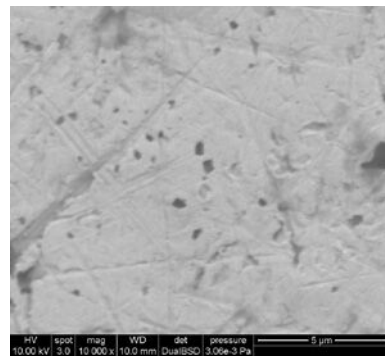


7. 4-6号

図5 名古屋城金鯨金板表面の電子顕微鏡画像



1. 天正大仏大判



2. 正徳佐渡小判

図6 大判・小判表面の電子顕微鏡画像（参考）



図7 「佐州金銀採製全図」に描かれる「色付」作業（国立科学博物館蔵）