

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 19 日現在

機関番号：12606

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23520155

研究課題名(和文) 工芸の展開－美術鑄物の色沢と熱処理の関係

研究課題名(英文) Expand of craft - Relations of a color and the heat-treatment of the art casting

研究代表者

赤沼 潔 (Akanuma, Kiyoshi)

東京藝術大学・美術学部・教授

研究者番号：30267687

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：鑄銅品の表面の着色法について熱処理を施し検証した。主に朱銅を発生させることや硫黄を使用して鑄肌を荒らす技法のもとに110個以上の色見本を作製した。作製については、合金の種類、加熱方法、加熱時間と温度、仕上げ方法、薬品処理等によるそれぞれの違いを比較しながら安定した着色法を探った。この研究に於いて、特に朱銅を安定的に表出させる内容を獲得できたことは大きな成果であった。

研究成果の概要(英文)：The surface of the cast copper piece was heat treated and the result were then inspected. More than 110 samples produced using sulfur to roughen the metal surface. About the procedure, different alloys, heating techniques, heating times, temperatures, chemical treatments and such were tested in order to achieve a stable coloring.

The big result of this research was the acquisition of a specific, stable, red coloring of copper.

研究分野：鑄金

科研費の分科・細目：芸術学・芸術史・芸術一般

キーワード：工芸 鑄金 金属着色 表面処理 朱銅 鉄漿 鑄造 熱処理

1. 研究開始当初の背景

古青銅の今に伝わる色はまことに美しいものであるが、これらを今日、水中古、土中古などと称している。この永い年月、おかれた環境によって生じた美しい種々の自然色調に対して、鑄金作家は憧憬的再現を計るとともに作品の重要な要素としてもその再現の研究を続けてきている。これらは、金属工芸の分野で数百年個々に伝承され「日本固有の銅着色」として海外でも評価されている。しかし、明治以後においては諸外国に比べ銅着色に関する研究は乏しく、消滅してしまった技法もあり、銅着色の技術の開発は遅れているのが現状である。古青銅の今に伝わる色はまことに美しいものであるが、これらを今日、水中古、土中古などと称している。この永い年月、おかれた環境によって生じた美しい種々の自然色調に対して、鑄金作家は憧憬的再現を計るとともに作品の重要な要素としてもその再現の研究を続けてきている。これらは、金属工芸の分野で数百年個々に伝承され「日本固有の銅着色」として海外でも評価されている。しかし、明治以後においては諸外国に比べ銅着色に関する研究は乏しく、消滅してしまった技法もあり、銅着色の技術の開発は遅れているのが現状である。

2. 研究の目的

研究の第一の目標は、銅合金の様々な状況に応じた美しい色沢の獲得にあるが、今回の研究期間内の目標は、これまでに得た各成果をふまえ、特に古青銅の日本固有の着色法を中心に系統的にわかりやすくまとめたものを発展させ、鑄銅品の多角的な熱処理を通して得られる色沢を実現し、より幅のある色見本を作ることにある。鑄金での作品制作において表面処理と着色は、最終の完成度を決定する重要な要素であるため、作家の立場からいろいろと研究を続けているが、安定した着色はなかなか実施できていない。鑄造法による組織の違い、合金の割合による変化、合金の熱処理の方法、また種々の着色用薬剤の使用法、薬剤使用時の温度管理、その他化学的反応を準基して短時間に古青銅と同様な色調の顕現を安定して実施できることをねらう。現代の作家もこれらの方法などを用いて秀作を世に出しているが、個々の伝承的な制作法で門外不出等になっている技法や消滅してしまった技法も多々あり、これらを含め、現在までの研究をたたき台とし、できる限りその内容を明らかにして検証していく。

3. 研究の方法

平成23年度

基礎研究

古代の鑄銅品から現代の鑄銅作品の色沢の調査を通して、美術鑄物の表面色沢の現状把握、文献による方法論の調査。

鑄銅作品調査

現状の美術鑄物の表面着色法を美術鑄物

の生産地を中心に調査したことをふまえて、未調査の所蔵品を対象とする。調査予定地は、国内ではポイントとなる鑄銅作品を所有している機関等各地を予定。国外は、石膏鑄造法での主な美術鑄物の生産地であるイタリアを予定。また、伝承的技法で現在は途絶えてしまった着色法等も再発掘していく。

研究基本プランの作成

上記調査をもとに年代、鑄物肌、色沢面、技法面ごとに分類し、次年度以降の展開方針をまとめ、調査内容をデータ化する。

平成24年度

基礎研究

前年度に引き続き、現存する鑄銅作品の調査を行い、基本プランの再検討と表面処理着色法の実施内容を確認する。

美術鑄物(銅合金)の検証

銅合金の種類は、その合金する金属の種類、組み合わせ、割合によって無限にある。その中で鑄物作品制作上有効と思われる下記のような代表的な銅合金を中心に前回実施したが、その中で結果を受けて、熱処理を加えて効果的な色沢を獲得するために実施可能な銅合金を検証していく。

- ・青銅(BC6、芸大青銅、砒素銅を各割合で含んだ青銅、銅の割合を変化させた青銅)
- ・白銅(銅、錫の割合を変化させた各種)
- ・洋銀、洋白(銅、ニッケル、亜鉛、鉛の割合を変化させた各種)
- ・真鍮(銅、亜鉛の割合を変化させた各種)
- ・臙銀(青銅、銀の割合を変化させた各種)
- ・その他

多岐にわたる美術鑄物鑄造技法の再確認

前回の研究の中で真土型鑄造法と石膏鑄造法による実験では、真鍮における結晶のでき方に大きな違いができることを検証した。また、亜鉛の消耗度の違いも明らかとなった。これらについては色沢の調整については大きな要素となるため下記鑄造法のもと比較研究の継続を考慮する。

- ・真土型鑄造法・生型法・石膏鑄造法、他

各種合金鑄物の作製

各種表面処理の基盤となる美術鑄物見本を作製するが、特に熱処理(ミソ焼、素焼、等)を施して色沢が多角的にどのような表情を呈するかを検証していく。これは着色実験としての資料として作製するのではなく作家の立場から、普段行っている作品鑄造法に合わせて実施することを重視し、再現しやすい展開方法を確認しその幅の拡大をねらう。

鑄造する量とその準備等この研究の中で一番負荷のかかる内容となるため、次年度に継続することを考慮して実施する。

平成25年度

美術鑄物見本の表面(肌)処理

前年度に実施した美術鑄物見本の金属加工を実施する。発色を考えた表面(肌)の処理であるが、タタキ仕上げ、ムキ仕上げや、素焼き、ミソ焼等の熱処理も加え、目的に合わせて、それぞれの鑄物を加工し、下地処理

を施す。
美術鋳物見本の色沢獲得のための広範囲な着色処理

最終的仕上げ工程となるが、薬品処理等による着色を実施する。機械的着色、加熱着色、電解法、混合着色や基礎調査の内容を受けての着色法を考慮して実施する。美術鋳物見本完成。項目としては下記の内容である。

・緑青系・茶褐色系・黒色系・煮色系・鉄漿系・複合系・その他

表面処理着色技法のまとめ

上記内容を受けて作家の制作の立場から安定した美術鋳物の表面処理着色技法を、以前の研究データに加えて系統的にまとめデータ化する。

4. 研究成果

4-1. 基礎研究における調査成果

基礎研究として、東京藝術大学所蔵の明治期の鋳銅品着色見本の調査と、富山県高岡市の金属着色専門の有限会社モメンタムファクトリーの調査、また、海外においては、イタリア南部の都市レッジョ・カラブリアのパラッツォ・カンパネッラにおいて「リアーチェの戦士 A、B」と「ポルティチェッロの頭部 A、B」の調査を実施した。

東京藝術大学所蔵の明治期の鋳銅品着色見本は、径が9,2cmの円形平板状で縁に唐草状の文様が入り、内側に各々の着色を施したものが22点あり、これらは明治25年5月2日に制作されたとの記録があるものである。鋳銅品の合金は着色効果から考えて多種存在するものと思われる。朱銅を析出させてその効果を引き出して着色効果を上げている見本が印象的であるが、その他にも日本独特の微妙な色彩効果をねらって制作されたと思われる見本が多々あった。またそれらの仕上げの技術も確かなものであり当時の技術力の高さを示しているものである。(写真1)



東京藝術大学所蔵

特に(写真1)は、今回の熱処理を中心とした着色研究の重要な資料となった。

また他に明治29年3月31日に文部省より管理換された高さ8,2cm、幅4,0cmの半円柱状の着色見本34点もあり、これらも調査対象としたが、今回の着色研究の内容に関係する資料としては、表面色の変色や腐食もおきており、あまり影響のあるものではなかった。

鋳物の産地である富山県高岡市の金属着色専門の有限会社モメンタムファクトリーの調査においては、何度か調査を実施していたが、今回は世代交代をしており、若手の経営者から着色について実際に実演しながら内容を教示してもらった。熱処理の方法、鉄漿の付け方、その製作法等東京藝術大学との違いが見受けられ、興味深いものであった。特に高濃度のアンモニアガスによる青色系の緑青着色の短時間での処理法は得られる

ものがあつた。この企業では、現在、金属の着色技法を建材で展開しており、内装やインテリアの処理として効果的な展開をしていることもあり、伝統的技法の現代への応用例として参考になるものであつた。

海外における古代ギリシャブロンズ像の調査は、イタリア南部の都市レッジョ・カラブリアのパラッツォ・カンパネッラにおいて実施した。対象は「リアーチェの戦士 A、B」と「ポルティチェッロの頭部 A、B」であつたが、その造形力と鋳造技術の高さは、とても2500年前のものとは思われないものであつた。今回は、その鋳造技術にも興味があつたが、そのブロンズ像の表面色の効果について検証した。これらのブロンズ像は20世紀に入って海中で発見され、引き揚げられて修復が行われているため、古代の色彩ではなく、海中で経年変化したものの色彩ということになるが、海中でおかれていた状態によっても表面色に変化がありそのことの影響がでていた。基本的には緑青が基本色となつて全体的に落ち着いた色彩となつていたが、海中の砂地に覆われていた部分と露出していた

部分とでは、色の現れかたがはっきりと違つていた。(写真2)



(写真2)

4-2. 鋳銅見本の鋳造について

鋳銅見本は、底面が8cm、上面が7cm、高さ1,8cmの円盤状の形態で実施した。合金比率は、熱処理を加えることを前提としているため、下記の内容に絞つて実施した。

- ・ BC6 (銅 85%、錫 5%、鉛 5%、亜鉛 5%)
- ・ BC6 + 砒素銅 1%
- ・ BC6 + 砒素銅 1% + 銅 10%
- ・ BC6 + 砒素銅 1% + 銅 20%
- ・ BC6 + 砒素銅 1% + 銅 30%
- ・ BC6 + 砒素銅 1% + 銅 40%

融点の高い銅の割合の変化を変えることによる着色効果と、砒素銅を加えることによる着色効果の変化を確認できる設定とした。

鋳造においては、着色効果を考慮し、生型鋳造(写真3、4)に絞つて実施した。鋳造場所は、生型鋳造を専門としている堀川鋳金所で行つた。鋳造個数は、上記合金の割合でそれぞれ20個、合計120個を鋳造した。



上(写真3) 下(写真4)

生型鋳型 生型鋳型内部

鋳造は#100の可傾炉を使用し、燃料はピッチークスであった。対象合金を坩堝にセ

ットし、点火後 1 時間程昇温して全体が熔け落ちた後フラックスを加え攪拌、湯が走るまで再度昇温する。温度測定し、1190 に近くなったらリン銅で脱酸し、二度目の攪拌のあと、1190 の温度に合わせて汲み湯で鑄型に熔湯を流し込む。鑄型の湯道を加熱しすぎないように細めに鑄込む。



上(写真5) 下(写真6)
鑄込み 鑄物完成

熔解時は、こまめに温度測定し、温度が上がりすぎないように注意する。

鑄型を割り出し、鑄物を取り出した状態。(写真6) 多少鑄バリが発生していたが、鑄造欠陥も無くきれいな鑄物の完成。この後は湯道、堰を切り落とし、堰後を仕上げしてから旋盤加工で表面の酸化膜の除去と、金属面を露出させるまでの加工を実施した。

4-3. 鑄銅品の熱処理

1) 素焼き(すやき)

熱処理により表面に銅の酸化物を形成させ、それを定着させて赤色系の色を獲得する技法である。これに関する技法は多種多様であり、その中で朱銅色を獲得できる方法に沿って実施した。高岡の折井着色所の処理に近い内容であるが、芸大で実施されている内容の確認も含め、芸大に近い技法展開を試みた。同じ工程で実施しても、焼く温度の設定や見極めが難しく、同色が発生するとは限らないため、多くのデータが必要となる。今回はより多くのサンプルを用い検証した。

今回の工程は次のとおりである。

- ・ #800 (または #400) まで研磨した鑄銅色見本を、耐火煉瓦の上に設置する。研磨に関しては、朱銅を広範囲に広げるために良く研磨しなければならないという考え方もあるが、今までの経験から研磨度を上げると酸化第一銅 (Cu_2O) が本体からはがれやすい傾向にあり、酸化第一銅の定着を考え、#800 の細かい研磨傷を残して酸化銅を食いつかせて定着することを試みた。これについては #400 でも試行した。また、今回は、表面に接する炭の影響を考慮し、平置きとし、鑄銅色見本が高温で歪みが出ないように裏側にスパイ(素焼きの瓦片)を安定するように、鑄銅色見本設置した。(写真7)

- ・ 温度を保つためと燃料を保持するため耐火煉瓦を周りに置き窯を作る。このときの本体から耐火煉瓦の距離は色見本の大きさも考え、5cm ぐらいを心がけて設置した。また酸素を供給し、火の回りを良くするために耐火煉瓦に少しの隙間をとり、色見本本体よりも高い位置まで積み上げた。それに加え

鑄銅色見本の温度変化を確認するために温度計を設置した。

- ・ 焼成の方法については、30 分程度の比較的短時間で実施する方法と、一時間以上かけて実施する方法を試みた。

これに関しては、短時間の方は、火持ちはしないが温度がより上がる松炭を使用し、(写真8) 長時間の方は、火持ちがして安定した温度を保てる備長炭を使用した。



上(写真7) 下(写真8)

短時間焼成

最初に窯内部にくず炭を使用して予熱を与える。次に鑄銅見本を各所にスパイをかませてセットする。温度計をセットする。3~5cm の太さで 5~9cm ぐらいに割った松炭を鑄銅見本の回りにセットする。この場合、鑄銅見本に接する炭の形状が後まで影響するので、一層目はそのことを考慮して松炭を置く。加熱後は、炭が接していた部分には第一酸化銅の赤色が発生せず、接していたすぐそばに発生しやすい。また、炭が隙間の開いた状態で空洞の状態ではあまり第一酸化銅は発生しないことが多いためである。その上に縦に隙間の無いように炭をのせる。炭の量は 6~10cm ぐらいを目処とする。ここまでで基本準備は終了。次に点火に移る。窯の底面は予熱で温まっているので、上部から点火する。点火は、別の場所で火を起こした松炭を窯の炭を詰めた上部にのせ、風を送り、火を下に移行させるようにする。今回は、エアコンプレッサーで少し強めの火を送り、400 ぐらいまで上昇させ、トタン板でかく蓋をした。

その後、耐火煉瓦の隙間から、団扇で風を送り、温度計による計測温度を主体としながら昇温させた。850℃~900 位を上限とし、温度があがり過ぎそうな場合は、炭の量を間引いて温度調整した。温度調整しながら炭を抜いていったが、最終的にほとんどの炭を除去し、本体の赤みが取れた熱い状態で、常温の水にゆっくりと浸し、本体の温度を下げるのと定着しない酸化膜を除去した。

この実験を繰り返し実施したが、鑄銅見本の形が少し歪んだ物や、多少熔け始めた見本も出た。これによって、その昇温温度の見極め点が、把握できてきた。

短時間焼成実験

BC6 (3 個)

12 分で 900 近くまで上昇する。炭を間引き、880 位をキープ。

終了までの全行程は 40 分ぐらい。最終は 750 。

結果 1 個変形有り。

朱銅は所々に小さめのものが発生。

900 近辺までの昇温は危険であることがわ

かった。

BC 6+ヒ素 1% (3個)

10分後に 834 まで上昇したので、団扇での送風を停止。

15分後 900 近くまで上昇、炭を間引く。

その後 10分 890 をキープ。

30分で素焼きストップ。最終 845 。

結果 1個はかなり変形。

1個はやや変形。

3個とも赤みが強く、表面の荒れが強く出た。朱銅はほとんど見られなかった。

BC 6+Cu10%+ヒ素 1% (3個)

15分後 900 近くまで上昇。炭を間引き調整。

30分で終了。最終 815 。

結果 変形は無し。

全体的に赤みがかなり強いが炭と接していたところはあまり変化していない。

朱銅はあまり発生していない。

BC 6+Cu20%+ヒ素 1% (3個)

10分後 880 近くまで上昇。

最高 898 までに達する。

20分後 889 で炭を間引く。

団扇であおぎ、880℃～890 くらいをキープ。

30分で終了。最終 790 。

結果 1個はやや変形。

大きな変化は、Cu10%より見られないが、赤みがやや強い。

BC 6+Cu30%+ヒ素 1% (3個)

10分後 898 になり、炭を間引く。

880 前後をキープ。

残り 10分で火力をそのまま放置し、自然に温度が下がるのを待つ。

30分で終了。最終 799 。

結果 変形は無し。

表情は豊かに出たが、Cu20%に比べ朱銅の出る量は少ない。

BC 6+Cu40%+ヒ素 1% (3個)

10分で 870 。

炭を多少間引く。

38分で 800 に達した。

銅の割合が多いこともあり 890℃～900 前後でキープ。

23分まで 890 を保つ。

30分で終了。最終 830 。

結果 変形は無し。

表情が豊かで変化に富んでいる。酸化第一銅の層はわりと分厚く出た。

(写真9)

長時間焼成

短時間焼成と炉の組み方はほとんど同様とした。ただし長時間の温度管理をするために松炭の代わりに備長炭を使用した。

長時間焼成実験

BC 6 (3個)

10分で 400 近くまで昇温する。850℃～870 くらいでキープし、終了までの全行程を1時間20分くらいかけた。最終は 770 。

結果 変形は無し。朱銅は所々に多少大きめの物が発生。酸化膜は厚く出た。

BC 6+ヒ素 1% (3個)

8分後に 410 まで上昇したので、団扇での送風を窯の鉄板の蓋をして続ける。

35分後 880 になったので送風をストップ。

37分後 885 を超えたので蓋をはずす。また

890 になったので炭を間引く。50分後 830 まで下がったので送風を繰り返す。

1時間後 850 をキープ開始。27分間キープする。

1時間43分素焼きストップ。最終 813 。

結果 1個やや変形。3個とも表面の赤みが強く(赤紫)、酸化膜に厚みがあった。温度的には多少高かった。

BC 6+Cu10%+ヒ素 1% (3個)

15分後 600 近くまで昇温。

30分後 760 。

41分で 800 に達する。

50分後 850 。

団扇であおぎ、850℃～830 くらい25分間キープ。最高 859 。

1時間40分で終了。最終 754 。

結果 変形は無し。全体的に赤みがかなり強いが炭と接していたところはあまり変化していない。朱銅はあまり発生していない。最高 850 以上のキープ時間があまり保てなく、平均は 830 前後であった。

BC 6+Cu20%+ヒ素 1% (3個)

10分後 600 近くまで昇温。

20分後 889 で炭を間引く。

団扇であおぎ、880℃～870 くらい1時間40分キープ。送風、蓋を取る、炭を足すことを繰り返す。1時間45分で終了。最終 795 。

結果 変形は無し。大きな変化は、Cu10%より見られないが、赤みがやや強い。炭と接していたところはあまり変化が無いが他の部分に少し大きめに朱銅が発生した。

BC 6+Cu30%+ヒ素 1% (3個)

8分後 480 になり、団扇であおぐ。

14分で 700 。

35分で 850 前後に達する。

1時間10分まで 850 前後をキープ。

最高は 860 まで達した。

1時間20分で終了。最終 611 。

結果 変形は無し。

表情は豊かに出たが、Cu20%に比べ朱銅の出る量は少ない。

BC 6+Cu40%+ヒ素 1% (3個)

8分で 400 。

38分で 800 に達した。

830 前後で20分キープ。

温度があまり上昇せず。少し低温気味の結果を見ることとした。

1時間20分で終了。最終 830 。

結果 変形は無し。

表情が豊かで変化に富

んでいたが、低温気味の

せいで二個はあまり酸

化第一銅の層が出な

かった。焼きが多い場所

にあったものはわりと分厚く出た。(写真10)

2) ミソ焼

硫黄等の薬品を鑄銅品の表面に付着させ、過熱して本体を荒らす処理をすることをいうが、緑青の着色の下地処理や、漆の焼付け



着色、薫燻し処理の下地等の鑄銅品の肌作りとして用いる。鑄銅品独特の肌処理であって、鑄物が合金であることと、また鑄物の肉厚があるからこそ有効な方法である。

色見本本体を#400程度で研磨仕上げをする。これはあまり細かい仕上げをしても、鑄物の肌を荒らすことと、熱処理した後の胴刷り等で傷が入るためこの程度の仕上げが適している。色見本を重曹でよく脱脂し、タンパン酢に30分程度浸けて下地処理をする。これを軽く水洗いをして準備する。次に糠ミソを張り込むが、糠ミソは使用する当日以前に作り置きしておく。糠ミソは、米糠1に対して、硫黄1の割合で使用し、塩とタンパン酢を混ぜると良く荒れる。また硫黄は、顆粒状のものを使用し、荒らしたい鑄肌の内容にあわせて、その硫黄の粒度を調整するために顆粒を篩いにかけて使用する。通常は硫黄を、#10で篩い、また#20でこし、そこに残ったものを使用するが、今回はそれ以外の#10~#20 硫黄3:7米糠、#20~硫黄3:7米糠、#20~硫黄6:4米糠、#10~#20 硫黄6:4米糠の四種(硫黄の粒度、割合の違い)で実施した。また、合金の割合もBC6(銅85%、錫5%、鉛5%、亜鉛5%)、BC6+砒素銅1%、BC6+砒素銅1%+銅10%、BC6+砒素銅1%+銅30%の四種を使用した。米糠を使うのは、作品の表面に硫黄を散在させるためと、焼くときの作品表面の保温も兼ねて、糠をつなぎの役目にさせるためである。糠ミソは、水を加えてよく練りこみ、耳たぶくらいの柔らかさにして、本体表面に3~5mmぐらいの厚みで下方から貼り込む。今回は、上面のみ貼り込み、側面はそのままの結果を比較した。熱処理は、藝大で実施している薪を燃料とし、通常通りの工程で行った。結果としては、硫黄6:4米糠の硫黄が多い方の荒れかたが均一できれいであった。(写真11)また銅分が多い程荒れかたもランダムとなり、あまり割合を多くしない方が良かったことがわかった。(写真12)硫黄3:7米糠は、#20~の細かいものは荒れかたが不均一で、シミのような現象がおき、ミソ焼には適さないものであった。



(写真11) 緑青着色 (写真12) の緑青着色

3) ベルギーにおける鑄銅品の着色法

日本における着色法とは異なった鑄銅品の着色法の調査についても実施した。協力者は、ベルギーの鑄造所で着色を担当していたバンメルハーヘン・バレンタイン氏である。ベルギーの鑄造所における使用薬品の内容も、日本で使用しているものとは、多少の違いがあり、興味深いものであった。また、薬品に関する環境整備にかなり神経質に対処して

いた。調査内容は、ベルギーで基本的に実施している着色法について具体的にどのような薬品(日本で購入できる薬品)を使用しているのかということと、実際の使用方法について確認実験した。3種着色を実施したが、根本的に短時間で処理することを重要とした着色法であり、鑄銅品に熱処理を加えることはなかった。

4-4. 鑄銅品の着色についての成果

本研究において鑄銅品の熱処理を基本とした着色効果を検証したが、素焼き、ミソ焼においては110個程の色見本を作成した。特に素焼きにおいては、その焼成時間と温度の関係、合金比率による変化のもと、表現として必要な色彩効果を得られる内容を把握できたことは大きな成果であった。また、ミソ焼における硫黄の量とその粒度、合金比率との関係からくる表面の荒し方も曖昧であった点を把握でき、鑄銅品の実製作に今後精度を持って対処することができるような成果を得た。その他として、ヨーロッパにおける美術鑄物の着色技法においては門外不出の場合が多いが、機会を得てベルギーの主な着色法を確認できたことは日本での着色法と比較対象ができ、研究の幅が広がった。

5. 主な発表論文等

- 〔雑誌論文〕(計1件)
赤沼潔「点金の斑紋表出法と美術工芸の関係」アジア鑄造技術史学会誌 FUSUS 4号 2012.9
- 〔学会発表〕(計2件)
赤沼潔「鑄銅品の着色に関する考察」『アジア鑄造技術史学会研究発表概要集』2, p.61-74, 2008.9
赤沼潔「朝鮮異形青銅器の鑄造実験 凹文描出技法の復元」『アジア鑄造技術史学会研究発表概要集』3, p.90, 2009.8
- 〔図書〕(計1件)
赤沼潔「工芸の展開-美術鑄物と表面処理の関係」2012.4

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
赤沼潔 (AKANUMA KIYOSHI)
東京芸術大学美術学部教授
研究者番号: 30267687
- (2) 研究分担者
橋本 明夫 (HASIMOTO AKIO)
東京芸術大学美術学部教授
研究者番号: 10237927
- (3) 研究協力者
松淵龍雄 (MATUBUTI TATUO)
東京芸術大学美術学部非常勤講師
研究者番号: 20436687