

東京藝術大学大学院 美術研究科 文化財保存学専攻

第12回 保存科学研究室 研究発表会内容梗概

2012年(平成24年)10月25日(木)

於：東京藝術大学 美術学部 第一講義室

プログラム

【研究発表】

- 13:00~13:10 開会の挨拶および研究室紹介 教授 稲葉政満
- 13:10~13:30 「江戸時代に製造された丁銀および豆板銀の表面層の色彩」 博士2年 田口智子
- 13:30~13:50 「江戸時代に製作された袖に用いられた鋼板の金属組織と加飾方法」 博士3年 釘屋奈都子
- 13:50~14:05 「春日大社廻廊の古釘の製法」 修士2年 平塚 祥
- 14:05~14:25 「木造建築用和鉄釘の復元 -文献に見る和釘-」 博士1年 古主泰子
- 14:25~14:40 休憩
- 14:40~15:40 招待講演「文化財としての琥珀の科学」
(財)元興寺文化財研究所 研究部 副部長 植田直見
- 15:40~16:00 休憩
- 16:00~16:15 「漆喰の固化過程」 修士2年 伊藤嘉昌子
- 16:15~16:30 「糊薬の発色に及ぼす融剤および遷移金属の効果」 修士2年 大久保美貴
- 16:30~16:50 「紀伊徳川家付家老、新宮水野家の御庭焼 -新宿区水野原遺跡出土の三楽園焼-」
教育研究助手(発掘調査団) 水本和美
- 16:50~17:10 「海水で被災した紙資料の洗浄とその保存性評価」 博士2年 李 壘
- 17:10~17:25 「江戸時代に制作された『滝見之図』掛け軸に用いられた材料の分析」 修士2年 芳賀文絵
- 17:25~17:55 「Scientific Insights into Indian Bronzes : A Continuing Tradition from ancient
to Modern Times」(English) 招聘教授 Slinivasa Ranganathan
- 17:55~18:00 閉会の挨拶 教授 永田和宏

【交流会】

- 18:05~19:00 交流会 大浦食堂 (中央棟正面、大学美術館1F)

東京藝術大学大学院美術研究科
文化財保存学専攻 保存科学研究室

講演の概要

江戸時代に製造された丁銀および豆板銀の表面層の色彩

東京藝術大学大学院 ○田口智子(院) 桐野文良

【緒言】 丁銀および豆板銀は江戸時代に流通したAg-Cu合金貨幣である。これらの貨幣に関するAg濃度や、経年劣化と色彩変化との関係についての研究は少ない。本研究の目的は、表面層の色彩の解析を行い、保存状態や製作技法を明らかにすることである。

【方法】 試料は元文、安政年間に製造された、丁銀および豆板銀計6点(桐野所蔵)である。1g前後の豆板銀は露銀と呼称し、区別する。試料は走査型電子顕微鏡で金属組織を観察し、分光光度計により分光反射率を測定した。X線回折装置により結晶構造を測定し、エネルギー分散型X線分析装置により、組成分析を行った。

【結果】 試料のCuの粒径を画像処理により求めると、元文、安政ともに丁銀が最大、露銀が最小である。これは質量の差により、鑄造時の冷却速度が異なるためと考えられる。分光反射率測定より、Cuに特有の600nm付近の吸収端は明確には観測されず、表面に銀富化層を形成する「色揚げ処理」が行われた可能性が示唆される。全ての試料から腐食生成物が検出されるが、金属組織との相関は見られない。安政丁銀の表面の色彩は、黄色(A)、茶色の錆(B)、銅色(C)の3種類に大別できる。A、BのCu濃度は99.7mass%であり、Cuが優先的に酸化されたと考えられる。CのAg濃度は幕府規定値に近い13.1mass%であり、表面層が失われ地金が露出している可能性が高い。以上の結果より、試料表面に存在する非常に薄い表面層が、色彩に影響を与えていると考えられる。

江戸時代に製作された袖に用いられた鋼板の金属組織と加飾方法

東京藝術大学大学院 ○釘屋奈都子(院) 北田正弘 桐野文良

【緒言】 日本の鎧は古来より存在し、形式は時代により変遷しているが、日本の鎧の材料や製造方法に関する研究例は少ない。そこで本研究では、肩の鎧である袖に用いられた鋼板の鉄鋼材料、製造方法、および加飾方法を明らかにすることが目的である。

【方法】 鋼板の金属組織観察には、光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡(SEM)を用い、炭素濃度は標準金属組織との比較により推定した。鋼板の加飾部の分析にはフーリエ変換型赤外分光光度計(FT-IR)、エネルギー分散型X線分析装置(EDS)、X線回折分析装置(XRD)を用いた。

【結果】 研究対象の江戸時代の袖(北田所蔵)は5枚の鋼板が紐で繋がれており、鋼板表面は黒色塗料により加飾されている。袖に用いられた鋼板の金属組織観察から、一枚の鋼板には炭素濃度の異なる鋼板が複数接合されて用いられている。鋼板中に観察される介在物は鋼板面に平行に線状に分布しており、組織の境界に観察される介在物は、鋼板の接合を示唆している。調べた5枚の鋼板は、金属組織や炭素濃度に一定の傾向はみられず、用いられ方に規則性はない。鋼板の加飾部は、鋼板上に鉄の酸化物層、 SiO_2 、 Al_2O_3 を主成分とする層、有機物層が存在する。最表面には塗料層が存在するが、塗料のFT-IRスペクトルは漆と一致する。

春日大社廻廊の古釘の製法

東京藝術大学大学院 ○平塚祥(院) 永田和宏

【緒言】 釘は美術工芸品ではないためか今まで研究対象としてあまり興味を持たれなかった。しかし単純で目立たないが故にその材料や製法は広く当時の日本の鉄文化の基礎を示すものと期待される。そこで本研究では春日大社廻廊の古釘の原料および製法を明らかにすることを目的とする。

【方法】 室町あるいは江戸初期に製作されたと考えられる和釘(永田所蔵)を研究対象とした。釘の代表的な数箇所について断面の金属組織を光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて観察した。炭素濃度は標準金属組織との比較により推定した。介在物や腐食生成物の分析にはエネルギー分散型X線分析装置(EDX)、電子線マイクロアナライザ(EPMA)、X線回折分析装置(XRD)を用いた。

【結果】 釘の金属組織はフェライトとパーライトが観察され、後者は前者の外側を覆うように分布していた。この傾向は各断面で見られ、それに沿うよう空隙も存在するため釘を成形する前段階として複数の板材を意図的に鍛接したと考えられる。介在物からはTiが多く検出されたため、原料は砂鉄であると推定できる。またKが検出される介在物が多く見られ、鍛接には藁灰を用いたと考えられる。表面にはマグネタイトを含む鉄系腐食生成物のみ存在していたが、それが特殊な工程を経て作られたものかどうかは分からない。

木造建築用和鉄釘の復元 ー文献に見る和釘ー

東京藝術大学大学院 ○古主泰子(院)、永田和宏

【緒言】 備中国分寺の和鉄釘の錆層(酸化被膜)の調査結果から、和鉄釘は耐食性に優れ、和鉄の特徴を最大限に活かした実用品であり、その技術は重要木造建築物の建築技術とともに後世に残すべきものであるとの結論に至った。そこで復元を視点においた基礎的研究による加工方法の解明を研究テーマとした。ここでは釘の形状およびその断面組織など過去の文献調査結果を整理することで、耐食性との関係を明らかにする。

【実験方法】 1900年中頃の文献では、頭部の形状やその太さ等の外観の形状、断面試料の光学顕微鏡による組織観察およびビッカース硬さによる炭素濃度の推定、化学分析等を駆使した調査が行われている。備中国分寺の和鉄釘の調査においては、電子線を用いた分析手法による組成分析、元素の分布状態、結晶構造の解析をおこなった。

【結果】 釘の形状は、使用用途によって変化し、建築用和釘の形状も木造建築に携わる者、時代の背景、軒を支える機構的变化と歩みを同じくし、釘の頭の変化し、その形状は小型化、その太さも細くなり、強度を重視するものへと変化した。そのため古代の和鉄釘の組織はフェライト中心であったが、江戸時代の和鉄釘は硬い鉄と柔らかい鉄の二層構造により木材に馴染みの良い特徴を持たせことにより、耐食性が古代と比較し劣化した。

【招待講演】

文化財としての琥珀の科学

(財)元興寺文化財研究所 研究部 副部長 植田直見

文化財としての琥珀は縄文時代、古墳時代以降の遺跡から出土した玉類など、また伝世する装飾品など数多く存在する。高分子有機物であり無機物に比べると劣化の進行が早く、空気中の酸素、水、紫外線、熱などの影響で分子構造が変化する。文化財として長く残すためには科学的な調査を行い、その劣化機構などを把握することが必要である。また、考古学の分野では原産地を推定することで当時の交易などを調べる手がかりとなるなど自然科学的な調査が重要となる。しかし、琥珀の分子構造は非常に複雑で、また産出地によっても異なるためこれまで様々な分析方法でその構造を決定する試みが行われているが、完全に解明されてはいない。今回、琥珀とはどのようなものであるかを自然科学的な観点から解説し、文化財としての琥珀の特徴とそれを把握するための分析手法と結果を紹介する。

漆喰の固化過程

東京藝術大学大学院 ○伊藤嘉昌子(院)、桐野文良

【緒言】 漆喰が用いられた文化財の中でも高松塚古墳は剝落などの劣化が著しく、保存対策が急務となっている。劣化を考えるには固化過程を調べることが重要であるが、自然科学的な研究がほとんどなされていない。また、高松塚古墳の漆喰からは鉛が検出されており鉛白だと考えられているが、その効果についても知られていない。そこで本研究の目的は漆喰の固化過程の基礎的知見を得る、そして固化における鉛白の影響を調べることである。

【方法】 一般的に製造されている漆喰と鉛白を用いて試料を作製し、固化のメカニズムを、重量の経時変化、化学反応、応力変化、組織の4つの方面から電子天秤、X線回折、電子顕微鏡により調べた。

【結果】 漆喰は水と混ぜて固化させると、水の蒸発と同一の速度で重量が減少する。これに鉛白を1%以上添加すると重量の低下が現れ、蒸発速度より速くなる。生じている化学反応から100 μm以下のごく表面でCaCO₃が生成し、大部分はCa(OH)₂の状態では固化している。表面の応力を測定すると、圧縮方向から引っ張り方向に変化し、クラックが生じて応力が無くなる。組織はごく表面で粒子が密となっている層が観察され、より下部は粒子の形が残った粗い層である。また、漆喰に対して0.1～1%の鉛白を加えるとCaCO₃の生成が促進され、漆喰のみの試料と鉛白添加の試料では組織の違いが認められる。

以上より、漆喰は固化後もCaCO₃層の厚さは増加するが、Ca(OH)₂の状態では存在している部分がほとんどである。劣化に強アルカリのCa(OH)₂が関わっている可能性を検討していく必要がある。

釉薬の発色に及ぼす融剤および遷移金属の効果

東京藝術大学大学院 ○大久保美貴(院)、桐野文良

【緒言】 釉薬は陶磁器の表面を覆うガラス質で、主として長石、長石を溶かしやすくする融剤、着色剤である金属酸化物、それぞれの粉末を混ぜて作られる。融剤や金属酸化物が釉薬に及ぼす効果についての体系的な研究データは少なく、釉薬の発色機構については不明な点が多い。本研究では釉薬の発色機構、基本的な性質を明らかにすることを目的とする。

【方法】 長石、融剤と金属酸化物を混合、焼成した試料について光学顕微鏡による表面および内部の観察、X線回折による結晶の同定、分光光度計によるスペクトルの分析、X線吸収微細構造による価数分析を行った。

【結果】 光学顕微鏡およびX線回折での分析により、融剤の種類・濃度によって釉薬中に生成する結晶に変化があり、その変化が色彩に影響を及ぼすことが認められた。融剤は用いる種類によって発色に違いを生み出すことは知られているが、今回の研究により融剤の種類の違いだけでなく、濃度変化が釉薬の発色に影響をもたらすことが確認できた。添加する金属酸化物の違いによっても生成する結晶の種類に変化が見られ、特にクロムは様々な化合物となって釉中に存在した。分光光度計では融剤の濃度変化に伴い光学的特性にも変化が見られ、試料が明度変化だけでなく色相変化を起こしているという結論を得た。X線吸収微細構造では融剤の種類、濃度により価数変化が起きている可能性が示唆され、融剤が釉薬の発色に及ぼす影響についての新たな知見を得た。

「紀伊徳川家付家老、新宮水野家の御庭焼—新宿区水野原遺跡出土の三楽園焼—」

東京藝術大学大学院 教育研究助手 水本 和美

三楽園焼は、『南紀徳川史』の記述や、ボストン美術館のモース・コレクションによって知られていた。これらから、紀州藩の10代藩主徳川治宝の死後、紀州藩の付家老である新宮城主水野忠央が、その製品は紀州藩の御庭焼である偕楽園焼の交趾焼の再興を意図して彼の江戸藩邸の庭園「三楽園」において焼かせた焼きものともとされる。ただし、焼成は失敗に終わったとも記され、実態について詳らかでないところがあった。ところが、水野家の市谷原町下屋敷に相当する新宿区水野原遺跡で、「三楽園製」の印銘のある磁器や軟質施釉陶器の製品や未製品、およびその製作に関わると考えられる窯道具などが多数出土したことで、その製作にせまりうる資料が得られた。そこで、考古学的な手法で三楽園焼の製品の様相、製作地、製作工程の復元し、さらに、紀州の諸窯や京焼など近世後期の窯や製品との関係や、胎土分析の結果をふまえ、このやきものを総合的に解釈した。

海水で被災した紙資料の洗浄とその保存性評価

東京藝術大学大学院 ○李 堽(院)、稲葉 政満

【緒言】 2011年に起きた東日本震災の際の津波により多数の紙資料に被害が生じた。被災した紙の洗浄を行うに当たって、修復家から洗浄による塩分の除去程度や洗浄処理をしなかった場合の紙の劣化への影響を問われた。そこで、津波により海水に浸漬した紙中の塩類の水洗による除去程度と未洗浄で海水成分が残存した場合の紙の保存性への影響を評価した。

【方法】 津波により海水に浸漬した書籍の紙、古本屋で購入した同一タイトルの書籍で海水に浸漬していない紙を用いて実験を行った。水洗方法として、水槽を2つ作り、各槽に洗浄水として逆浸透膜水2Lを入れた。そして、試料を1枚網に挟み、1槽目で大まかな汚れを落とし、2槽目でさらにすすいだ。洗浄後、吸水タオルである程度水を切り、フラットニングしながら乾燥した。キャピラリー電気泳動装置を用いて洗浄処理前後2種類の紙中の抽出液における塩素イオン量をそれぞれ測定した。また、80℃、65%rhの条件で4週間湿熱劣化処理を行い、その前後での比引裂強さ、比破裂強さおよび色の変化量を測定した。

【結果】 海水に浸漬された紙試料は純水による洗浄処理により紙中に残る塩素イオン量が海水に浸漬されていない試料とほぼ同程度となることから、今回用いた2回の洗浄は塩類成分の除去に十分と考えられる。本実験では、海水成分や水洗処理が紙の物理強度や色に影響を及ぼす大きな差は見られなかった。なお4週間の湿熱劣化(80℃、65%rh)試験により検討したところ、これらの紙試料間での上記の物性値の劣化挙動もほとんど差がなかった。

江戸時代に制作された『滝見之図』掛け軸に用いられた材料の分析

東京藝術大学大学院 ○芳賀文絵(院)、桐野文良

[緒言]劣化状態が激しい試料の分析は、その劣化原因の解明および今後の保存方法の考案に役立つ可能性を持つ。本研究ではその足がかりとして劣化状況の激しい絹本掛軸の状態把握及び材料分析を行った。発表においては特に支持体、色材の分析結果の報告を行う。

[方法] 赤外線・紫外蛍光写真の撮影、デジタルマイクロスコープ、走査型電子顕微鏡(SEM)、エネルギー分散型 X 線分析装置(EDX)、三次元蛍光分光装置、X 線回折装置(湾曲 IPX 線回折装置 RAPID II-CMF 試料水平型多目的 X 線回折装置 UltimaIV)などによる測定。

[結果] 支持体に関しては、絹本に砧うちが施され、裏打紙にはすべて楮紙が使用されていることが判明した。色材に関しては EDX 及び湾曲 IPX 線回折装置により残留顔料が非常に微量であっても、粒子が残存しているものに関しては顔料の同定を行うことができ、さらに一部、元の顔料が変質した可能性を持つ結晶が計測することができた。一方で染料を使用していると考えられる箇所に関してはその同定が非常に困難であった。しかしながら、それらの色材分析の結果及び、赤外線写真撮影により明らかになった墨線をもとに、劣化により不明瞭になっていた絵画面の再現を行い、当時の絵画の様子をうかがうことができた。

Scientific Insights into Indian Bronzes : A Continuing Tradition from ancient to Modern Times

招聘教授 Slinivasa Ranganathan(English)

Alloying is the greatest gift of metallurgy to mankind. The progress from native metals such as gold, copper and silver and native alloys such as electrum and tumbago to accidental alloys such as arsenical bronze and more intentional tin bronzes marks an important step forward. Increased alloying to high tin bronzes led to greater strength but associated brittleness. Ingenious thermo-mechanical processing involving deformation and quenching have to be devised. It looks in retrospect amazing, as the ancient craftsmen did not have access to modern scientific concepts and tools.

India has one of the longest traditions in making bronzes. From the Indus Valley Civilization of 2500 BCE and earlier to this date there is also a remarkable thread of continuing traditions. The advent of archaeometallurgy has permitted to document this development in excellent detail. It is also possible to engage in experimental archaeology, whereby a replication of the ancient processing can be used to infer valuable clues. Ethnoarchaeology offers another route, where the continuing traditions to modern times can be documented by interviews with contemporary bronze smiths. Happily in India the traditional crafts are nurtured giving an additional window.

In fact the Cu-Sn phase diagram was determined only in 1903. The diagram delineates the phase relationship as a function of composition and temperature. While bronzes of varying compositions have been used for a multitude of purposes, we will describe the bronze development in three different composition ranges in terms of the materials tetrahedron connecting processing-structure-properties performance tetrahedron.

Addition of low amounts of tin up to 15% reduce the melting point of copper and lead to better castings. Further addition of lead improves castability. This has led to the making of statuary including the famous dancing girl of Mohenjodaro and the Chola icons of Nataraja. Even now for over a millennium at places like Swamimalai the staphathis or bronze smiths use the lost wax technique for casting, carrying on a millennium old tradition. The microstructure consists essentially of a single phase of alpha. The colour has changed from the reddish copper to the yellow hue of bronze

Further addition of tin leads to brittleness. High tin bronze containing 22 wt % Sn, heated to a temperature between 586 and 798 C consists of alpha and beta phases for hot working. A higher temperature than 798C leads to peritectic melting and a lower temperature than 586 C results in precipitation of Cu₃₁Sn₈. A close control of composition and working temperature is essential. At high temperature the alloy exists as a two phase mixture of alpha and beta phases showing sufficient ductility. However, slow cooling leads to the eutectoid decomposition into alpha plus the brittle delta phase. Quenching leads to the conversion of the beta phase by a martensitic transformation into a soft phase. This is in contrast to steels where quenching produces a hard and brittle ferrous martensite. The two phase microstructure consists of alpha phase and the martensitic beta phase. The twins in alpha phase indicate the annealing at high temperature. This material is useful for making bowls and utensils. This composition also leads to bells. The color and sound of such bells testify to an ancient skill. This beta bronze tradition survives in several places in Kerala, Tamil Nadu and West Bengal

Further addition of tin leads to the very brittle delta bronze, However by casting in thin discs a mirror can be produced. These mirrors exhibit specular reflection. The practice of mirror making is continued to this day at Aranmula in Kerala

It is a pleasure to acknowledge collaboration with Sharada Srinivasan, a pioneer in the study of South Indian bronzes. In addition discussions with Satyam Suwas, R M Pillai, Ian Glover, H Mifune and Y Shimizu have been helpful.

東京藝術大学大学院美術研究科
文化財保存学専攻

第 12 回保存科学研究室
研究発表会内容梗概

発行：2012 年 10 月 25 日 発行人：稲葉政満
発行所：東京藝術大学大学院美術研究科文化財保存学専攻
保存科学研究室

〒110-8714 東京都台東区上野公園 12-8
TEL : 050-5525-2285 FAX : 03-5685-7780
HP : <http://www.geidai.ac.jp/labs/hozon/top.html>