

古代技法による東楼垂木 木口金具の鋳造・鍍金

—第一次大極殿院の復原研究34—

1 はじめに

平城宮第一次大極殿院の建築金具の復原研究は、2012年度から始まり、成果の一部は過去の紀要で報告してきた。2021年度には、東楼の垂木木口金具について、飛檐垂木用1枚、地垂木用1枚の計2枚を製作し、古代技法による金具製作の実現性を確認した¹⁾。また、2021年度に実施された第9回建築金具検討会において、古代技法により製作した垂木木口金具は、東楼に取り付け、建築金具の経年変化検証ための試料とする方針を示した。2023・2024年度は、より厳密に復原した技法で安定的に金具製作をおこなうこと、さらには完成した金具を復原整備工事が進む東楼に設置し、竣工後に理化学的手法による経年変化観察をおこなうことが可能な環境を整えることを目指した。本稿では、古代技法を再現した鋳造・鍍金工程の検討過程、東楼への金具の設置、理化学的分析のための金具の追加製作について報告する。なお、本文中に示す金具の番号は、個体管理のため各々の裏面に型押ししたものを示す。

2 鋳造工程

概要 鋳造工程は、大谷相模掾鋳造所にて実施した。工程は、鋳型の製作→鋳込み→型ばらし→研磨→追加彫金の順で進めた。2021年度までの製作実験の成果を踏まえ、鋳型の原型は、耐久性に優れ大量生産に耐えうる金型（銅製）とし、かつ原型に透かし・線彫りを仕込むこととした²⁾。また、鋳型はリサイクル真土による合わせ型（以下、真土型と称する）とした。地金の素材は純銅とし、比較検証用の青銅（CAC406の青銅に8%の銅を追加）も計6枚鋳造した。鋳造は2023年7月より開始し、計7回の鋳込み、2024年2月の追加彫金をもって完了した。

鋳型の亀裂修理 今回古代技法の復原に採用した真土型は、乾燥後に収縮による亀裂が生じる点が課題であった。そこで、肌土（籠にかけた真土）・埴汁・水を混ぜたものを用いて真土型の亀裂を埋める工程を、鋳型の製作における塗型工程の前に追加した（図50）。その真土型を用いて金具の鋳造を試みたところ、バリの少ない鋳造が

可能となった（図51）。

温度の検討 純銅は青銅よりも溶解時の銅湯の流動性が低く、鋳型の中に充填されにくい。また、銅湯の温度が低すぎると銅湯が十分に鋳型の中に流れず（図52）、高すぎると銅湯と鋳型が固着してしまい、型ばらしができない（図53）。純銅を用いた鋳造は、銅湯・鋳型の適切な温度帯が極めて狭く、その調整が課題となった。数回の鋳込みの実験を経た結果、鋳型は5～6時間程度焼成、焼成窯内の温度を700～900℃前後とした場合に安定的に鋳造可能と判明した。また鋳込み時に溶解炉から鋳型に銅湯を直接注いでいたのを、小型の坩堝に銅湯を移した後に鋳型に流し込むこととし（図54）、銅湯の温度を調節することで、安定的な鋳造が可能となった。

追加彫金 研磨工程まで終了した金具に対する追加彫金を、安部金属工芸にておこなった。素材（純銅・青銅）の差異は、とくに作業性に影響しなかった。

X線透過撮影 鋳造工程を終えた金具は、保存修復科学研究室の協力のもと、X線透過撮影をおこない、金具内部の鬆の分布を観察した。追加彫金時に表面が凹んでしまった金具は、その部分に鬆が分布しており、彫金の精度が金具内部の鬆の量に左右されることを確認した。また、純銅製金具と青銅製金具とを比較した結果、前者のほうが圧倒的に内部の鬆が多いことを再確認した（図55）。このような鬆の発生は、古代寺院の出土金具の分析でも確認しており³⁾、今回鋳造した金具が古代の鋳造金具と共通する特徴を示すといえる。

3 鍍金工程

概要 鍍金工程は、森本鍍金具製作所にて実施した。2016年度に実施した出土金具の分析の成果から、アマルガム鍍金を採用した⁴⁾。鍍金は2024年5月より、12日間実施し、8月に完了した。

工程の再検討 現在の伝統的なアマルガム鍍金の工程は、金アマルガム製作→調整（裏叩きなど）→洗い（梅酢）→硝酸水銀に浸す→洗い（梅酢）→金アマルガム塗布→炙り・苗藁による擦り→ヘラ磨き、の工程で進められることが多い⁵⁾。このうち、本製作では、特に硝酸水銀に浸す工程に着目した。これは、近世には確認できるものの⁶⁾、古代にまで遡ることを裏付ける文献は確認できなかった。したがって、古代技法により近い工程を再現す

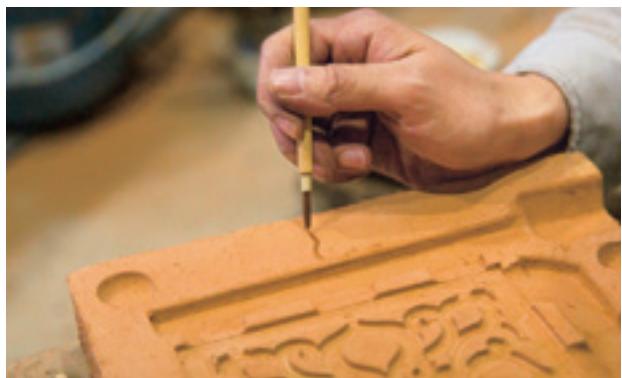


図50 鋳型の亀裂修理



図51 亀裂修理後の鋳型から取り出した状態 (No.23)



図52 鋳型内に十分に銅湯が回らなかった状態 (No.8)



図53 鋳型に固着した状態 (No.14)



図54 銅湯を小型の坩堝に移し鋳型にそそぐ

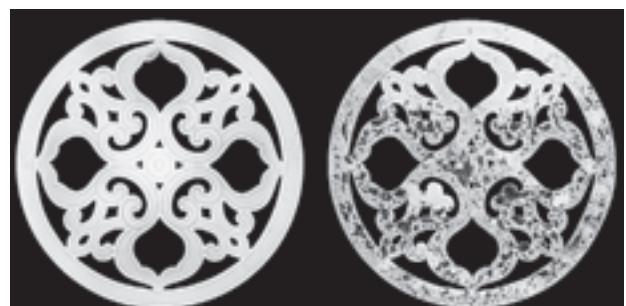


図55 鋳造後のX線透過撮影 (左：青銅No.33、右：純銅No.B)

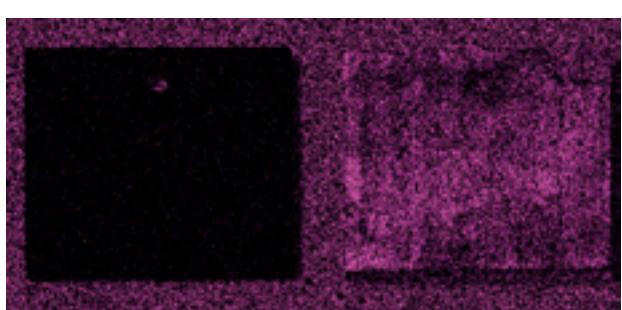


図56 銅板試験体の蛍光X線分析による水銀の分布状況
(左：初期状態、右：硝酸水銀に浸したもの)



図57 鎏金層が十分にあらわれない青銅製金具 (No.34)

るため、金具を硝酸水銀に浸す工程の代替案を検討した。

硝酸水銀の役割の理化学的検証 硝酸水銀の役割を解明するために、以下の3つの検証をおこなった。まず、硝酸水銀に数秒浸して炙った純銅製金具の重量変化を検証したところ、重量の減少がみられた。次に、硝酸水銀に浸したのみの試験体銅板（純銅）の重量変化を検証したところ、重量の微増が認められた。また、この試験体銅板に対し蛍光X線分析をおこなったところ、表面に薄い水銀分布を検出した（図56）。以上の結果より、硝酸水銀に浸す目的は、金具表面の酸化被膜の除去および金具表面への薄い水銀塗膜層の形成であると考察した。

工程の代替 硝酸水銀は常温で液体であり、それに金具を数秒浸すだけで上記の目的を達成することができるという点では非常に作業効率が高い。しかし、今回は金具表面の酸化被膜の除去の役割を梅酢による洗い、水銀塗膜層形成の役割を水銀の塗布で代替し、硝酸水銀を用いない製作を試みた。その結果、純銅製金具に対し安定的な鍍金に成功した。一方、純銅製金具に対する比較検証用に製作した青銅製金具に関しては、金具を炙る工程でうまく水銀が蒸発せず、金具表面に金色の鍍金層が十分にあらわれない事態が発生するなど（図57）、本製作では安定的な鍍金方法が確立されたとはいえず、課題が残った。また、純銅製金具 No.2 については、鍍金が完了した約1週間後、鬆穴から発生したとみられる水銀の湧出を確認し、再度金具を炙って水銀を飛ばす作業をおこなった（図58）。この点についても更なる研究が必要である。

鍍金量の管理 本製作における金アマルガムの所用量は、2021年度までの鍍金に関する文献調査の成果にもとづき、『正倉院文書』の「造金堂所解」に記された金と水銀の配合比（1:4.75）と、意匠を復原した東樓木口金具の表面積を用いて算出した⁷⁾。具体的には、金アマルガム（飛檐垂木用5.30 g、地垂木用5.00 g）を数回に分けて金具に塗布し、鍍金前後の金具の重量差から鍍金量を計測した。各金具に対し、算出した金アマルガムを使い切った時点で一旦鍍金作業を止め、表面の鍍金の状態が製品としての使用に耐えうるものかどうかを、国土交通省近畿地方整備局国営飛鳥歴史公園事務所（以下、公園事務所と称する）の担当者と目視で確認した。鍍金が不十分と判断したものは、鍍金層の奥に地金の赤色が透けて

見えるもの、鍍金層の金色にムラがあるものなどである（図59）。それらについては、都度金アマルガム使用量と鍍金量を記録しつつ追加鍍金を進めた。最終的には、目視で鍍金状態を良好と判断したところで鍍金を終了した。特に鍍金量が少ない金具2点（No.20・6）については蛍光X線分析を実施し、金具表面に十分に金が分布していることを確認した（図60）。

4 追加製作

概要 実際に東楼に取り付けた金具は、竣工後の理化学分析が難しいという課題があがった。そこで、別途展示兼分析用の金具を製作・設置し、理化学的手法で経年変化観察する暴露試験を計画した。ここでは、その試験に用いる金具の仕様を検討した上で、追加製作をおこなった。

金具の仕様 既に鋳造・鍍金が完了している古代技法による金具2枚（地垂木・飛檐垂木用、いずれも純銅製・真土型・アマルガム鍍金）に対し、地金素材・鋳型・鍍金方法の観点から比較対照実験ができるよう仕様を決定した金具6枚（表11）を製作し、これらの差異が金具の経年変化に及ぼす影響を考察できるものとした。純銅（青銅）、真土型、アマルガム鍍金を採用する古代技法に対し、東楼復原整備工事で量産された金具（以下、量産型と称する）の仕様を参照し、これら6枚の金具はすべて電気メッキによる仕上げとした。

電気メッキ直後の金具の変化 電気メッキは、タコ付け→厚付け→表面調整→メッキ→乾燥の順で進められた。電気メッキ終了後1ヶ月経過した時点で、純銅製・真土型・電気メッキ仕上げの金具（No.21・A）に変色が確認された（図61）。これらの金具に対して蛍光X線分析を実施した結果、発生した物質は緑青であると同定した。観察により、緑青は鬆穴を中心に拡大していたことが判明し、鬆穴のある鋳造金具の鍍金の難しさが浮き彫りとなった。先述した純銅製金具の鬆穴から水銀が湧出した現象とも関連して、さらなる研究が必要と考える。緑青が発生した金具については、導電性樹脂で大きな鬆穴を埋める処置をした上で、電気メッキ後に金具を1分ほど熱湯につける作業を工程に加えることで、鬆穴に残存する薬品等の蒸発を促進した。



図58 鎏金完了後水銀が湧出した純銅製金具 (No.2)



図59 鎏金層が薄く地金の赤色が透けて見える金具 (No.36)

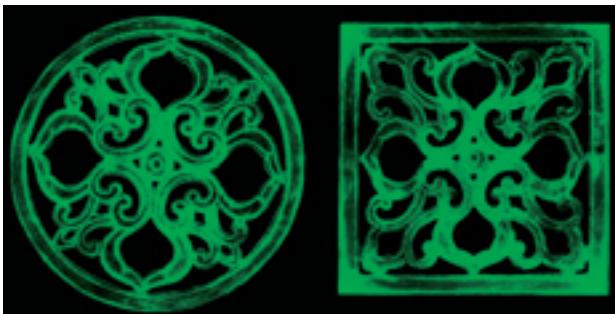


図60 蛍光X線分析にみる金の分布 (左: No.20、右: No.6)



図61 電気メッキ後変色した金具 (No.A)

5 東楼への設置と経年変化観察

東楼への金具の設置 第9回建築金具検討会において決定した垂木木口金具の製作・設置案にもとづき、今回製作した金具の製作番号と設置位置を示す配置図を作成した。東楼への金具の取り付けは、奈文研立ち合いのもと、竹中工務店により2025年1月に実施した。

経年変化観察に向けて 本研究のなかで製作した金具は、製作にあたり、寸法や目標の鍍金量は一律の設計値を採用しているものの、実際に完成したものは寸法・重量・鬆の分布・鍍金量ともに若干の個体差がある。それらを管理し、長期にわたって各個体の変化をモニタリングするための「金具カルテ」を作成し、今後の研究を進めていくための基礎資料を整えた。また、追加製作分の金具については、一般への展示も兼ねた暴露試験の方法を、今後公園事務所と検討していく予定である。

(神谷友理子・西田紀子・高野麗・横山舜
李暉/奈良女子大学)

謝辞

製作にあたって、鋳造工程では大谷相模掾鋳造所および安部金属工芸に、鍍金工程では森本鎔金具製作所に協力を得た。ここに記して謝意を表したい。

表11 2024年度追加製作金具の仕様

	素材			鋳型	
	純銅	青銅	青銅(量産型)	真土型	鋳型(量産型)
○21	✓			✓	
○31		✓		✓	
○番外			✓		✓
□A	✓			✓	
□35		✓		✓	
□番外			✓		✓

○: 地垂木木口金具 □: 飛檐垂木木口金具

アルファベットおよび数字は、2023年度鋳造時の個体番号。

青銅: CAC406の青銅に8%の銅を追加

青銅(量産型): CAC406

鋳型(量産型): ロストワックス製法

いずれも電気メッキ仕上げ。

註

- 1) 李暉「平城宮第一次大極殿院建築木口金具の復原意匠における製作実験の検証」『文化財論叢V』237-256頁、2023。
 - 2) 李暉「量産の視点に立つ古代垂木木口金具の製作 - 第一次大極殿院の復原研究32-」『紀要2022』8-9頁。
 - 3) 李暉「古代鋳銅製建築金具の鋳込み工程の検証 - 第一次大極殿院の復原研究27-」『紀要2019』3-5頁。
 - 4) 芝康次郎・大橋正浩・脇谷草一郎・田村朋美・柳田明進・松田和貴「古代寺院出土軒先木口金具の製作技術について - 第一次大極殿院の復原研究25-」『紀要2018』6-7頁。
 - 5) 森本鎔金具製作所・4代目森本安之助氏からの聞き取りによる。
 - 6) 堀部猛「古代の鍍金と内匠式 金・水銀の分量比をめぐって」(『国立歴史民俗博物館研究報告』218、2019、286頁)で、近世の技術書である『萬寶玉手箱』について言及している。
- 7) 前掲註1、248頁。