

平成27年度
ひらめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI
(研究成果の社会還元・普及事業)
実施報告書

HT27146 どうして古代に青銅鏡の細かい文様が鑄造できたのかー体験:鏡観察、鑄型彫り、鑄造ー



開催日: 平成27年8月9日(日)
実施機関: 富山大学
(実施場所) (高岡キャンパス)
実施代表者: 三船温尚
(所属・職名) (富山大学芸術文化学部・教授)
受講生: 小学5・6年生1名,中学生12名,高校生4名
関連URL: <http://geibun-campus.tumblr.com/post/121802769516/>研究成果の社会還元普及事業ひらめき-ときめきサイエンス-ようこそ大学の研究室へ-kakenhi

【実施内容】

<研究の成果伝達と留意・工夫した点>

青銅鏡は錫が多い特殊な青銅(高錫青銅)を使用している。なぜ高錫青銅を用いるのか、なぜ割れやすいのかなど青銅の材料科学をパワーポイントの図や写真で最初に解説した。引き続き、文様技法の解説を行った。手元で観察できるように青銅鏡の拡大写真コピーを個々に配布し、前漢から唐代までの鏡の文様線がシャープで精緻なことを理解してもらった。これまでの研究で分からなかった最大の謎は、この砂崩れのない精緻な青銅鏡の文様であることを説明した。この問題を研究するには、1997年以降中国山東省で発見された前漢代の鑄型群が現在の最新かつ最重要な研究資料である。実際の鑄型片と実際の鏡片を実際の調査研究で行う方法と同じワークシートに記入し、模擬体験的に観察してもらった。次に、受講生には、科学分析で判明した材料で、この山東省出土の模擬鑄型を作る工程体験のため、粘土と炭粉と麻繊維を水練りしてもらった。初期段階で手をドロドロに汚し、以後の鑄造室などでの作業の抵抗をなくしてもらった。さらに、水練り水分を短時間乾燥する方法をクイズ形式で考えてもらった。既に焼成して準備したこれらの模擬青銅鏡鑄型を実際に彫って、青銅鏡文様の拡大写真と比較してもらった。受講生は、写真とは異なる砂崩れ文様線を確認し、材質は前漢と同じ鑄型なのに、なぜか文様は比較にならないほど崩れてしまうことに気づく。砂を水で固めた鑄型を線彫りすると砂は崩れる。しかし水粘土を線彫りすると崩れない。砂と粘土型の違いは何かをクイズ形式で考えてもらった。崩れない粘土にあって砂にないものは、「粘り」という答えが受講生から出る。山東省出土模擬鑄型も焼成すると粘りが無いので線彫りで崩れる。それでは、模擬鑄型に何かを浸み込ませれば粘りがあって、彫っても崩れなくなる。何を浸み込ませるのかというクイズでは、なかなか答えは出てこない。バターなどが出て近づくが、蠟の存在自体を受講生は知らないようだ。かなりヒントを出して、蠟が出てくる。素焼きの陶板にコンパスで円形線を彫り、鏡体分の2ミリほど平らに彫り窪めて、湯道とアガリを彫る。その段階で平滑面に気泡の穴が発生し、それを埋めるクイズを出し、削った細かい粉を溶いて筆塗りで埋める。溶かした蜜蠟に七輪で乾燥した鑄型を浸けこんで浸み込ませ、冷まして文様を彫る。蜜蠟の粘りが砂崩れを防いで、見違えるようにシャープな文様線が彫れる。七輪の炭火で蜜蠟を焼成し、耐火煉瓦を鏡面鑄型にして型を合せ、いよいよ一人ひとりが高錫青銅を鑄造する。ずしりと重い1000℃ほどで溶けたオレンジ色の高錫青銅(錫23%・銅77%)を緊張して流し込む。一人2個の鑄型を作り、1つは蠟を浸み込ませないで文様を彫ったもの、もう1つは蠟を浸み込ませて彫ったもの。全員上手く流し終え、いよいよ鑄型を開けてみる。全員成功。笑顔がこぼれ

る。金のノコで湯道を切断して持ち帰る。個々が家で研磨して顔が映る鏡面にする。後で研磨した鏡の写真を送ってきてくれた受講生もいた。

現在の研究で、どこまで分かって、何が不明かを先ず示し、観察と実験で探っていく実際の研究を体験してもらった。途中途中で、考察箇所をクイズ形式で考え、研究で重要な「幅広く推測する」ことの重要性を模擬体験できたと思われる。土を練る、炭火を扱う、土を彫るなどの様々な経験を基に考えの展開ができることが実感できる講座とした。そのために事前準備は最小限とし、体験時間を意図的に設けた。

<当日のスケジュール>

| スケジュール | 内容 |
|-------------|---|
| 9:40～10:00 | <受付>・グループ分けくじ・マスク配布 |
| 10:00～10:25 | 開講式(①あいさつ、②オリエンテーション、③科研費の説明、④鑄造室見学) |
| 10:25～10:50 | 講義 ①「青銅鏡成分の銅と錫の秘密」(講師:長柄毅一) |
| 10:50～11:00 | <休憩> |
| 11:00～11:15 | 講義 ②「青銅鏡の文様観察ー鑄造技術の頂点ー」(講師:三船温尚) |
| 11:15～11:35 | 観察(1)「実際に鑄型と青銅鏡を観察してみよう」(以後、実験しながら観察する) |
| 11:35～11:45 | 実験(1)「出土した鑄型と同じ鑄型土を作ってみよう」(鑄造室で全員土練り) |
| 11:45～12:00 | 実験(2)「出土鑄型と同じ材質に文様を彫る」(コンパス→円形彫→文様→湯道・あがり→鑄造) |
| 12:00～13:00 | <昼食・休憩> |
| 13:00～13:20 | 実験(3)「出土鑄型と同じ材質に文様を彫る」(コンパス→円形彫→文様→湯道・あがり→鑄造) |
| 13:20～13:35 | 観察(2)「文様がもっと精緻になる改良はないか考える」 |
| 13:35～13:50 | 実験(4)「改良を実行してみよう(第1段階の改良)」 |
| 13:50～14:00 | <休憩> |
| 14:00～14:20 | 実験(5)「改良を実行してみよう(第2段階の改良)」 ※熔解開始(熔解:砺波浩二) |
| 14:20～14:40 | 実験(6)「改良を実行してみよう(文様彫り・改良完成)」 |
| 14:40～15:00 | <クッキータイム・ディスカッション> (この間に、鑄造のために鑄型を焼成する) |
| 15:00～16:30 | 実験(7)「鑄造」 |
| 16:30～16:50 | 実験(8)「湯道切断(金ノコ)」 |
| 16:50～17:15 | 修了式(アンケート記入、未来博士号授与) |
| 17:15 | <終了・解散> |

<当日の様子 (写真と解説)>



1



2



4



5



6



1. 材料学の講義
2. 鋳型と鏡の観察・記録
3. 模擬出土鋳型作り（土練り）
4. 素焼き鋳型へ鏡の文様彫り
5. 七輪の炭火で鋳型乾燥
6. 高錫青銅の熔解と汲み出し
7. 鋳型へ熔けた高錫青銅を鋳造
8. 鋳造した青銅鏡の取り出し

（※写真撮影、公開の了解は講座中に全員から得ている）

<事務局との協力体制>

採択後の総合的な事務は総務・研究協力チームが細かく掌握・推進した。当日のキャンパスまでの交通公共機関が無く、ジャンボタクシー利用の希望などをこまめに全受講者と連絡を取り調整した。また、遠く近畿地方などからの受講者への細かな情報提供や、質問回答など事務局が十分に対応した。実施代表者と事務局は開催当日まで3回の打合せを行い、段階を追って対応を詰めていった。こういった全ての事務進行を関係者全てが協力的に行った。また、本講座は様々な材料や保護具などの購入があり、中高生に合わせたサイズ品などの選定に配慮するなど、会計チームが協力した。

<広報活動>

特殊内容講座のために、A4判チラシには専門的な用語であっても、講座内容を示す多くの解説と写真を多用し、興味ある中高生の目に止まるようデザインした(右図)。富山・石川県の中高等学校など494箇所へ5,900枚のチラシを送付した。同時に学部のSNSに掲載し、遠くの中高生に発信した。高岡市市政記者室で富山県内全マスコミ機関に案内状を配布し、事前告知記事の依頼をした。北日本新聞、朝日新聞、毎日新聞に掲載され、記事を読んで受講した者もいた。事前に近隣中高校の当日の学校事業を確認して、開催日を設定した。



<安全配慮>

過去の小中校生の鋳造公開講座を参考に、1グループ4~5名に分け、1グループを2名の学生アルバイトが専属で担当し安全に配慮した。保護具も過去の鋳造講座を参考に防塵マスクやメガネを準備し、鋳造時はアルミ耐熱服や防護面を受講生に着用させた。事前に学生アルバイトには「危険な時は本気で注意する」と伝え、講義中の少人数グループ指導の会話のなかから信頼関係が生まれ、安全指導も十分に行えた。

<今後の発展性>

本講座は「体験・考える」をキーワードにおこなった。体験と考える時間を設ければ、時間が不足する。技術専門職員の熔解打合せ、経験ある学生の協力、綿密なタイムスケジュールなど、万全の準備をしたが、各工程を急がせてしまうことがあった。実質的には2日間の講座内容であるが、2日間参加できない場合もあり、1日で最大限の「大学の研究現場」、「研究のおもしろさ」を伝えることはできた。様々な興味を持つ中高生が、多くの工程のどこかに深い好奇心を持てるよう体験型講座としたが、体験の機会を減らさず目的を達成するために、もう少し内容を絞って実施すれば、さらに展開する可能性を感じた。

【実施分担者】

長柄毅一 富山大学芸術文化学部 教授

砺波浩二 富山大学芸術文化学部総務課 学務チーム 技術専門職員

【実施協力者】 _____ 8名

【事務担当者】

伊織洋平 富山大学芸術文化学部総務課 総務・研究協力チーム 主任