

VS.古代人 青銅を1000°Cにして 溶かせるか？

令和2年度 高校生とことん科学セミナー
実施報告書

令和3年3月7日(日)実施



今年度の事業の概要

高校生とことん科学セミナーは、平成 17 年度にはじまり、今年で実施は 15 回目となった（令和元年度は中止）。

今回の事業は、古代から受け継がれてきた鑄造技術の原点を迫体験する思考実験であり、高校や大学の学生実験のように、既製の方法をなぞるような内容ではない。

高校生の気づきや構想力を、限られた時間の中で具現化し、熔解した青銅を自らの手で作り出す感動を得ること、またその感動を通して高岡に遺された鑄造技術への興味関心を高めることの 2 点を目標とした。

開催概要

実施日：令和 3 年 3 月 7 日(日) 9:00~17:20

実施場所：富山大学高岡キャンパス 鑄造室ほか

講師：富山大学学術研究部芸術文化学系教授 みふね はるひき 三船 温尚 先生

略歴 専門は「鑄造技術史・作品の造形と制作技術」。1982 年東京芸術大学美術学部工芸科鑄金専攻卒業、博士(人間文化学)。以降、高岡短期大学で研究、2005 年より現職。国内外の青銅器・仏像などの製造技術について、X線CTスキャンや3Dスキャンを用いて研究を進めている。また、高岡市内の小中学校の活動で講師を務めるとともに、2018年にスタートした産学官連携事業「やさしい・いものプロジェクト」を主宰。2021年には京都の泉屋博古館での特別展「鑄物モダン—花を彩る銅のうつわ—」を担当。

参加者：高校生 9 名、高等専門学校生 2 名の計 11 名。他に高等専門学校教員 1 名が参観。

※参加者募集時の生徒向け案内：

世界史で学ぶ「青銅器時代」。「青銅は加工しやすいから・・・」と聞いたことはないですか。本当にそうなのでしょうか？テレビなどでよく見る熔けた青銅は、そんな簡単に作れるのでしょうか？マニュアルはありません。少しのヒントから工夫し、熔かす道具を自分たちで作り、青銅を「熔かす」体験と鑄造体験をします。自分たちの力で熔かした青銅を見られるのでしょうか？そして、古代人の技術に迫れるのでしょうか？

内容

1 【 実際の鑄造を見る 】 (9 時頃～10 時頃)

送風機を使って熔解炉の中を高温にしている様子を見る。溶けた青銅は、参加者で鑄型を作った生型鑄造法の鑄型に流す

2 【 実習：チームごとに挑戦 】 (10 時～11 時頃)

「しちりん」(七輪)に炭をおこす(熾す)。

3 【 ビデオの視聴：西アフリカのロウ型鑄造 1955 年撮影 】 (11 時頃～11 時半頃)

ロウ型鑄造の様子。坩堝に入れた金属に、送風機(ふいご：鞆)で風を送风管(はぐち：羽口)から出して「炭」を勢いよく燃やしているというのがキーポイント。

4 【 実習：チームごとに挑戦 】 (11 時半頃～16 時半)

- (1) 溶かす為の青銅の小塊を切る。
- (2) ゴミ袋を使い「ふいご」(鞆)をつくる。送风管の「はぐち」(羽口)は鉄パイプを使う。
- (3) 素焼きの器を坩堝にし、その中に青銅と炭(燃料)を一緒に入れる。

1 【 実際の鑄造を見る 】

〈送風機を実見する〉

銅の融点は 1,083℃、錫は 232℃だが、銅 85%、錫 15% (重量比) の青銅は約 900℃で溶ける。これを鑄型に流して生型鑄造法の鑄型に流すには、900℃よりも +100～200℃高い温度にして鑄型に流す必要があるが、そのために、熔解炉(右図右側)内のコークスに送風機(電動送風機、右図左側)から送风管を通して風を送り、燃やして高温にする必要がある。溶けた金属を作るために、新鮮な空気がかなりの体積必要であることを読み取るという点で、3の実習につながるヒントである。



〈生型鑄造法〉

生型鑄造法は、鑄型に鑄物砂を用いて、焼成(乾燥)せず、その「生」のまま鑄造するので「生型」という(やさしい・いものプロジェクトでも用いられる)。今回は、金属製の上下枠に砂を入れて押し固め、砂の面に軍手や木材を用いて「くぼみ」を付け、砂の鑄型を作り(右図)、これに溶かした金属を流し込んだ。

鑄型ができると、三船先生が溶けた青銅を流し込んだ。溶けた



青銅を間近に見ることは、参加者の多くにとって初めてであり、驚きの声が漏れていた。完成した鋳物は、軍手などの模様が転写されているが、鋳物独自の風合いも出ており、一部の生徒にも好評であった。



2 【 実習：チームごとに挑戦 】

・七輪で炭を熾す

青銅は、火を熾した炭と一緒に坩堝に入れ、そこに送風し、高温にする。送風機ができてから炭火を熾すのでは段取りが悪いので、事前に七輪に入れた炭に火を熾す。参加者は、七輪で、新聞紙と焚き付けを使って炭火を熾したことなどこれまでにやったことはほぼない。四苦八苦しながらも何とか全チーム(2人チーム×4、3人チーム×1の5チーム編成)が火熾しに成功した。(右図と表紙)



3 【 ビデオの視聴：西アフリカのロウ型鋳造 1955年撮影 】

無声の動画で、西アフリカの、原始的なロウ型鋳造の様子を視聴した。ロウ型を作る様子に興味を抱く参加者もいたが、メインは坩堝に入れた金属に、送風機(ふいご：鞆)で送风管(はぐち：羽口)から出した風で「炭」を勢いよく燃やしているところである。動画からエッセンスを取り出すのは難しいが、今回の活動では、基本これ以外のヒントは出ない予定である。参加者はメモを取りながら熱心に視ていた。

4 【 実習：チームごとに挑戦 】

(1) 溶かす為の青銅の小塊を切る。

青銅の塊から、溶解用の青銅の小塊を金ノコで切り離す。力の加減が難しく、金ノコを何度か折ったりしながらも、参加者は自力で切り離すことができた。



(2) ゴミ袋を使って「ふいご」(鞆)をつくる。

ここからが、企画のメインである。

条件は以下の通り。

- ・使える材料：ゴミ袋(0.045 mm 厚,90L)、ガムテープや段ボール等。これ以外に必要な物がある際は三船先生に申し出る。
- ・送风管の「はぐち」(羽口)は鉄パイプを使う。

チームごとにふいごができたなら、坩堝の中に青銅と炭(燃料)を一緒に入れ、送風するという流れである。

序盤(作り始め～昼休憩頃)

序盤は、アフリカの動画のふいごを手本に作り始めたチームが多い。ごみ袋の口に送風管を付け、固定するのである。また、動画でふいごを2枚使っていたことから、2個同じものを作ったチームも多い。

しかし、このタイプのふいごで、成功したチームは無かった。袋に送風管が固定されているということは、最初は空気が入っていて送風できても、取り入れ口が送風管の狭い口しかないので、再度の空気の充填に時間がかかるのである。ふいごがたくさんあり、人もたくさんいればできるかもしれないが、今回は2～3人である。この人数でできる方法を考えねばならない。作ってみて、何が足りなかったか、もっと何が必要であったか、先生からの問いかけを受け、各チームは次のふいごを考え始めた。



中盤(昼休憩頃～14時過ぎ)

各チーム、2つ目のふいごからは独自色が出てきた。しかし、ここまでは最初の動画以外、特にヒントは出していない。一度手を止め、考え込むチームや、先生にお願いして、段ボールや板を出してもらったチームも出てきた。

送風管と袋を繋ぐのはそのままに、袋の反対側を切り、板を取り付けたチーム



手押しのふいごのようなものを作ったチームは複数あった



蛇腹構造で足踏み式の空気入れのようなものを作ったチーム



方向性に迷いが生じはじめ、一度、先生が実習室で仕切り直した。
そもそも青銅を溶かすには何が必要なのか考えてみる。

送風に際し、

風を送る範囲 ← 広いと、高温にならない。青銅の塊の周辺にできるだけ絞る。

風量、風速 ← できるだけ多く。ゴミ袋一杯の空気を一気に送るようなイメージ。

終盤(14時過ぎ～16時)

仕切り直しの後、各チームの中には、先生のイメージを元に、方針転換を図るところが出てきた。

大量の空気を送るイメージをゴミ袋で再現したチーム

袋が1枚では持続力が無い。先生との対話(右図)、
どうすればもっと大量に風を送れるのか。送風管は、
風を送るたびに手で固定するのでもいいのか。



→ 袋を2枚にして、交互に送風。
送風管は支柱を立てて、固定。青銅の
小塊の周りにだけ集中的に空気を送る。
そして、袋の中の空気をしっかり送れるよう、
台を置く。あとはひたすら空気を送るだけ。



頃合いを見て炭をよけると、最初にあった青銅の塊の形
が無くなり、下の方に移行。
青銅を溶かせた。



送風管と袋を繋ぎ、袋の反対側を切って板を取り付け、一度に空気を送れるよ

うにしたチーム

送風はできているようで、火の粉は激しい勢いで吹き上がるが、熔けない。

送風管の角度に改善の余地がある？
羽口の径は？



→ 坩堝は、地面に穴を掘り固定。送風管の角度も固定。あとはひたすら送風。見事、熔けた。



送風管と袋を繋ぎ、袋の反対側を切って、空気を取り込みやすくしたチーム

袋の切った側から空気を取り込み、板上で絞り、空気を送り込んでいた。サイズはコンパクトながら、空気を袋に満たしやすい。



2人で協力し、袋の中の空気を余すところなく送風するようにし、熔けた。



蛇腹の足踏み式空気入れのような構造を作ったチーム

上部に板をつけ、側面の蛇腹状構造を細かくするなど、構造を改良し挑んだ。



送風はある程度できていたものの、絶対量が少なく、溶かすまでには至らなかった。
しかし、限られた時間の中で高いデザイン性を見せた。



2つの袋を空気で満たし、坩堝に送り込むことにしたチーム

最初は送風管を2本使い、同時に風を送ることを考えていた。しかし、火勢が上がらない。



送風管は1本にし、位置を固定。坩堝の周囲に耐火煉瓦を積むことで、風を坩堝に集中。溶けた。

