福井大学リポジトリ
UNIVERSITY OF FUKUI
REPOSITORY

教員養成系大学生を対象とした金属加工学習用教材の製作：焼印の製作

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-06-29 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 石川, 和彦, 名用, 敏之, 奥野, 信一 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/10457

福井大学教育実践研究　2017，第42号，pp.97－104

実践報告・資料

教員養成系大学生を対象とした金属加工学習用教材の製作
― 焼印の製作 ―

福井大学教育学部　石　川　和　彦
鯖江市立東陽中学校　名　用　敏　之
福井大学教育学部　奥　野　信　一

本研究では，教員養成系大学に所属する大学生を対象とした，金属加工学習用教材の製作を行った。製作した教材は，鋳造による焼印製作の実習を中心とした。鋳造に用いる資材は入手が容易で安価なものを選択し，金属を溶融させる炉も簡易なものを製作した。そのため専用機材及び資材のない教育現場においても活用できる教材となった。また大学生及び大学院生を対象として，製作した教材を用いた実習を行い，アンケートを実施した。その結果から，製作した教材は実用に供し得ることが確認できた。

キーワード：金属加工，教材，鋳造，焼印

1．はじめに

ものづくりには多くの工程があり，材料を加工する技術はものづくりの基本の一つである。各種の材料を正しく加工する技術を学ぶことは，ものづくりの理解へとつながる。ものづくり教育の一端を担う中学校技術・家庭科（技術分野）（以下，技術科という）では「A. 材料と加工に関する技術」において，生徒は各種材料の加工法の基礎を学ぶ。そしてその指導の際には，教師は材料加工に関する幅広く深い専門知識と経験を有することが求められる。しかし，平成9年7月の教育職員審議会の第一次答申を踏まえて教育職員免許法が一部改正された。その改正で中学校一種免許取得に必要な「教科に関する科目」の単位数は 40 単位から 20 単位と削減された。そのため教員養成系の大学及び学部では，少ない講義・実習時間で効率よく教科の専門知識及び技術を習得する必要性が以前にも増して生じた。また中学校での技術科の授業時間は減少しており，少ない授業時間で生徒の学びを深める必要がある。そこで，本研究では教員養成系大学及び学部に在学する大学生を対象に，金属加工の知識及び技術の習得を目的とした，学習用教材の製作を行った。

金属の加工方法は多種多様であり，その加工方法の一つである鋳造は，高温で溶融した金属を耐熱性の型に流し込み整形する手法である。鋳造は青銅器を初めとして長い歴史を持つ技術であり，人類の歴史と共に発達してきた[1)]。鋳造では金属を溶融する炉と，製作物の形状を定める型が必要であり，通常では専用の設備・機材が必要となる。また溶融した高温の金属を扱うため，安全対策も必須となる。本研究では，教育現場における教材としての再現性を重視し，入手が容易な材料を用い，また開発した簡易的な炉にて鋳造を行うことで，簡易で安全な教材（以下，本教材という）の開発を目指した[2)]。

鋳造では様々なものを製作できるが，本研究では焼印の製作を選択した。焼印は木工作品に押印することができる。木材加工の実習にて製作した品に自分の名前を押印することにより，製作物への愛着を持ち，ものを大事にする心を育むことができると考える。

また，多くの金属材料は溶融という工程を経てつくられるが，溶融した金属を実際に目にする機会は少ない。高温で溶融した金属を間近に見ることによって，学生は材料としての金属に興味を持つことができると考える。さらに鋳造後の製作物を成型する過程では，やすりがけやねじ切りという切削加工を行うため，鋳造以外の金属加工技術の習得にもつながる。

2．鋳造教材と金属材料

鋳造を用いた教材についての先行研究は数多くある。教育現場等にて簡易な設備で鋳造を行う場合は，ピューター等の融点の低い合金を用いることが多い[3)]。また，比較的融点が低く，加工性の良いアルミニウムを用いた研究，実践例も多くなされている[4)]。このように鋳造教材として用いられる金属は様々である。

一般的に，材料となる金属の融点が高くなるにつれて，必要な設備の規模は大きくなり，製造コストも上昇する。本研究での製作対象物である焼印は，使用時に加熱するため，材料には比較的高い融点をもつ金属が必要となる。また鋳造後の切削加工の容易さを兼ね備えていることも必要である。さらに，教材として使用するためには，材料の入手が容易であり，また安価であることも必要である。本研究では，これらの要素を考慮し，黄銅（銅・亜

鉛合金）を材料として用いた。黄銅は融点が900℃前後であり，切削加工性も良い[5),6)]。

3．焼印の製作

鋳物の型（鋳型）の作製には様々な方法があるが，本研究での焼印は精密な鋳物が作製できる，ろう（ワックス）型を使用するロストワックス法にて製作した。ロストワックス法は雄型をろうで作り，石膏に雄型を埋め込む事によって雌型を作製する。雄型は，型の焼成時に湯道を通して溶出，蒸散する。ろうが無くなることによってできた空洞を，溶融した金属（以降，湯という）が埋めることによって鋳物ができる。

また，金属を溶融させる作業（湯作り）に用いる炉は，耐火レンガで作製した簡易なものを使用した。燃料には，燃焼時間が比較的長く高温をつくりだすことが可能なコークスを主として用いた。

表1に，焼印製作の作業を時系列に並べたものを示す。括弧内の時間は，おおまかな作業時間を示している。

表１．焼印製作の作業工程

(1) ろう（ロストワックス）を使った原型の作製
（1 ～ 2 時間）
↓
(2) 型への石膏溶液の流し込み（30 分）
↓
(3) 鋳型の自然乾燥（1 週間）
↓
(4) 電気炉（200℃）での鋳型焼成（8 時間）
↓
(5) 真鍮を炉で溶かす（湯作り）（1 時間）
同時に焼成済みの鋳型を，鋳込みに備えて加熱
↓
(6) 石膏鋳型への湯の流し込み（鋳込み）と鋳ばらし（10 分）
↓
(7) 印面の成形・研磨（1 時間）
↓
(8) 柄つけ（ねじ切り）等（1 時間）
↓
(9) 完成，押印

次に表1に沿い，作業工程の詳細を述べる。

(1) ろう（ロストワックス）を使った原型の作製

ろう型は，二種類の厚さの平ワックスを用いる。厚いもの（厚み約5mm）が印面の土台となり，薄いもの（厚み約 0.5mm）が印面となる。同一サイズに切断した2種の平ワックスを重ね合わせる。あらかじめ紙に印刷した逆文字を，カーボンペーパーを用いて印面となる薄いワックスの表面へ転写する。次に転写した文字の輪郭に従い，鋭利な刃物で薄いワックスを除去し文字を彫る。文字を彫り終わった印面の原型に，棒状のろう（ストローワックス）で湯道（湯の流路）を付ける。掘り終わった印面を図1に示す。湯道は湯口（湯の入り口）とあがり（あふれた湯の出口）の2つが必要となる。また，湯道は湯におきかわった後，焼印の軸となる。

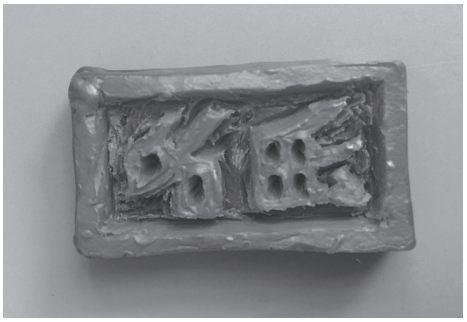


図１．逆文字を彫り終わった印面

(2) 型への石膏溶液の流し込み

(1) にて作製したろう型をガラス面等の平面に，油粘土を用いて印面が上を向くように固定する。ろう型の固定用の油粘土は漏斗状に整形して，湯口とあがりにする。次に，ろう型に金属製の筒（空き缶等）をかぶせ，石膏溶液を流し込み雌型を作る。石膏溶液は，石膏と水道水を1：1（重量比）で混合わせたものを使用する。図2に，湯道をつけ石膏を流し込む直前のろう型を示す。

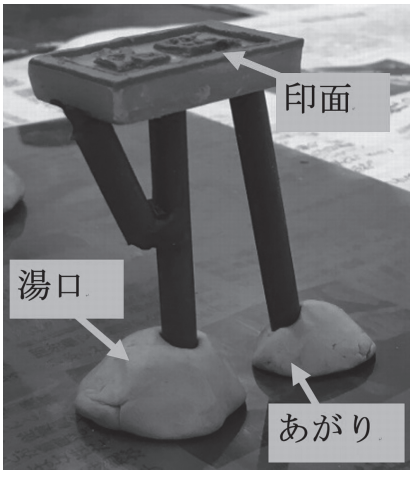


図２．湯道を付けたろう型

石膏溶液を流し込む際，筒の下部に油粘土を巻き付け，石膏溶液の流出を防止する必要がある。図3に石膏溶液を流し込んだ鋳型を示す。



図３．石膏溶液を流し込んだ鋳型

（3）鋳型の自然乾燥

石膏溶液を流し込んだ型は，石膏中の水分を蒸散させるため1週間程度自然乾燥させる。この工程を適切に行わないと，石膏型に割れが生ずる原因となる。

（4）電気炉（200℃）での鋳型焼成

自然乾燥した石膏鋳型の焼成を行う。焼成は陶芸用電気炉での焼成が最良であるが，本研究では電気オーブン（Toyo Seisakusho 社製 Electric Drying Oven KCV-6）を使用した。石膏のひび割れを防止するため 100℃から焼成を始め，200℃ まで徐々に温度を上昇させる。焼成は本来なら 500℃程度が良いが，使用したオーブンの性能上 200℃で行った。

（5）真鍮を炉で溶かす（湯作り）

耐火レンガ炉にて，黄銅を溶融する。この際，黄銅に重量比 10% 程度のすず（Sn）を混ぜることにより，湯の流動性を高めることができる。

コークスは木炭を用いて着火する。炉は底部の2カ所から強制送風し，炉内の温度を高め，また温度の上昇を早める構造となっている。複数の鋳型への鋳込みを考慮して大きめのるつぼ（6号）を使用しているため，加熱には一時間程度が必要である。図4に耐火レンガ炉による湯作りの様子を示す。また，湯作りと平行して電気オーブンで石膏鋳型の再加熱を行う（200℃）。鋳型の温度が低いと，鋳込み時に湯の温度が低下して流れが悪くなる。



図４．湯作り作業

（6）石膏鋳型への湯の流し込み（鋳込み）と鋳ばらし

湯を石膏鋳型に流し込む。湯口から湯を十分流し込むと，あがりから湯が出る。その際，あがりにも湯を注ぐ（押す）必要がある。この“押す”作業により，型全体に湯が行き渡る。図5に鋳込みの様子を示す。

鋳込んだ型を 10 分程度自然冷却した後，鋳ばらしを行う。鋳型に衝撃を加えるだけで石膏が崩れるため，容易に鋳ばらしが可能である。図6に鋳ばらしの様子を示す。

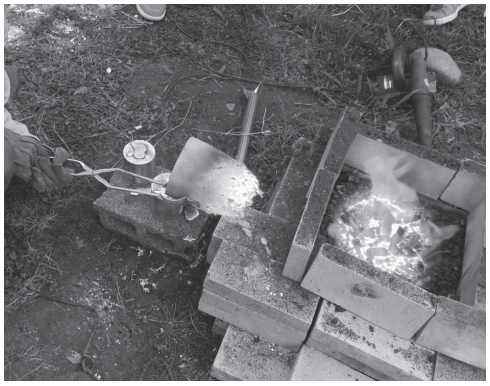


図５．鋳込み作業



図６．鋳ばらし作業

（7）印面の成形・研磨

図7に，鋳ばらし後の印面を示す。鋳ばらし直後の印面は荒れており，そのまま焼印として使用することができない。そのため，やすり等を用いて印面の成型を行う。図8に成型後の印面を示す。

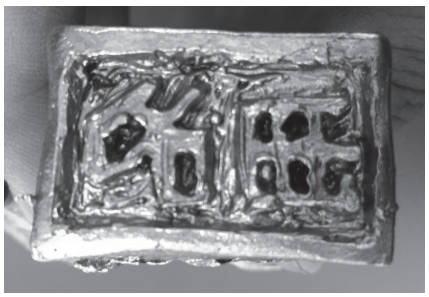


図７．鋳ばらし直後の印面



図８．成型後の印面

（8）柄つけ（ねじ切り等）

湯道を成型した焼印の軸に，ダイスを使用してねじ切りを行う。ねじ切り後に，木製の柄を取り付ける。図9に木柄を取り付け完成した焼印を示す。

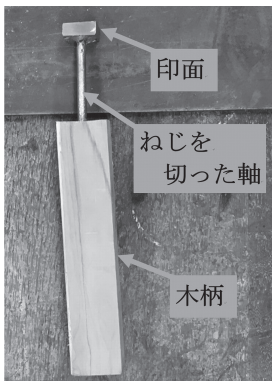


図９．完成した焼印

（9）完成，押印

図 10 に，完成した焼印を木材に押したものを示す。



図10．木材に押した焼印

４．評価と検討

本教材の，金属加工学習用教材としての適性を評価・検討するために，本学にて技術科教員を志す学生及び大学院生に焼印製作を行なわせた。製作方法の説明に先立ち，2章にて詳述した焼印製作工程の手順書を作成した（手順書の一部分は資料1）。作業者の内訳は，学部生2名，大学院生1名の計3名である。

製作に取りかかる前に，作業内容の概略の説明を行った。説明は作業者に上述の手順書を配布し，板書と口頭で重要な点を伝えた。また作業に用いる道具及び材料は，可能な限り実物を見せることを心がけた。

まず，ろう型作り及び石膏型作りを一連の作業として行った。次工程の石膏型の乾燥・焼成は長時間かかるため，著者らの1名がまとめて作業を行った。また，湯作り以降の作業は再び学生・大学院生に行わせた。

焼印製作が終了した後，アンケートを実施した。作業人数が少ないため，アンケートは自由記述とした。アンケートの内容を表2に示す（実際に配布したアンケート用紙は資料2）。

表２．アンケート内容

1）ろう型を作る作業についてわかりにくかった点，難しかった点は？

2）石膏鋳型の作り方についてわかりにくかった点，難しかった点は？

3）鋳型の焼成についてわかりにくかった点，難しかった点は？

4）湯の溶解，流し込みの作業についてわかりにくかった点，難しかった点は？

5）ねじ切りの作業についてわかりにくかった点，難しかった点は？

6）全体を通して何を学ぶことができましたか？また製作する中でもっと詳しく説明してほしかったことはありますか？

7）この焼印製作を教材として扱うことに賛成ですか？（はい，いいえどちらかに○をしてください）またその理由を自由に書いてください。

以下に，アンケート回答，及びその回答に対する検討を質問項目毎にまとめる。

1）**a.** 文字の彫り方，使用する道具に関する疑問・提案。
b. 逆文字を印面に転写する作業が困難である。

a. 印面に文字を彫る作業には金属製の針を用いた。そのため広い範囲を彫るのが困難であった。彫り進める部分の形状・面積によって道具を使い分ける，また専用の道具を作製する等の工夫が必要と思われる。

b. 逆文字はPCのワードプロセッサアプリケーションを用いて作成を行ったため，文字の形状等は細かく印字に反映されている。しかし，カーボンペーパーによる転写は手作業であるため，文字の詳細な形状の大半が失われてしまう結果となった。カーボンペーパーを用いない手法の検討も必要であると思われる。

2）**a.** 石膏溶液を型へ流し込みする際の留意点が理解できた。

b. 石膏溶液の作り方，流し込みが終了した型の扱い等の説明が不足している。

a. 石膏溶液の流し込み前にろう型を清掃し，あらかじめ石膏溶液を印面に塗布する等の詳細作業に対する説明は，作業者に十分に伝わっていると考えられる。

b. 石膏溶液の硬化に必要な時間の説明がなされていない。また，石膏溶液の流し込み時に発生した，鋳型からの溶液漏れへの対策が十分なされていなかった。鋳型作製に用いる金属筒の形状と扱いについての説明が必要である。

3）**a.** 焼成に要する時間の詳細説明がない。

b. 焼成中の型の状態及びその経過を観察したい。

a. 石膏鋳型の乾燥に1週間，また焼成に8時間と，他の作業と比較して非常に長い時間が必要であるため，十分な説明がなされていなかった。焼印の製作は，鋳型の製作と鋳込み作業の2つに分かれるということ，その2つの作業の間に乾燥・焼成の長時間の工程が入ることを明確に説明する必要がある。

b. 本研究での焼印作成の作業は，本学学部の実習（金属加工法）の一環として行ったため，長時間の作業は課外に筆者らが行った。焼印製作の作業者に，乾燥・焼成の作業を行ってもらうためには，時間の確保が問題となる。しかし乾燥・焼成のいずれも，常時監視が必要な作業ではないため，講義の空き時間等を用い定期的に観察を行わせることは可能である。

4）**a.** 鋳込みにおける，湯の温度の判断に関する説明が不足している

b. 鋳込み作業で，るつぼを炉から移動させ，湯を湯口に注ぐという一連の作業が困難

c. 高温になる炉と湯の扱いに関した，安全対策に関して

d. るつぼのサイズが大きく，鋳込み時の取り扱いが困難である。

a. 湯の温度は数回の製作実験を経て，湯の色（赤熱の有無）及び流動性を目視で確認することにより判断していた。経験による推測であるため，温度を計測して客観性を持たせる必要がある。

b. 多数の型への鋳込み及び入手性を考慮し，大きめのるつぼ（6号，約800cc）を使用した。るつぼの大きさに対し，使用したるつぼばさみが小さく，作業性が著しく低下した。しかし大型のるつぼばさみは，手作りのものが多く入手が困難である。使用するるつぼに合わせ，専用のるつぼばさみを製作する、またはるつぼの大きさの再検討が必要となる。

c. 初回の製作実験では，作業者の安全装備が不十分であった。2回目以降の製作実験では，作業衣，革手袋，ゴーグル等の装備を徹底した。また，高温となった材料や器具の取り扱いも作業中に改めて指導を行い，安全対策を徹底した。また，外部への熱の放出を抑制するような炉の形状の検討を行う必要がある。

d. 上記**b.**と同様に，安全なるつぼばさみの製作または，るつぼの大きさの再検討が必要である。

5）**a.** 製作した焼印の柄を取り付ける軸の太さと，雄ねじ切りを行うダイスのサイズの関係に関する指摘。

b. ねじ切り作業時の不具合，失敗

a. b. ともに，ねじ切り作業が困難であったり，失敗した原因は，主として鋳型の湯口に使用した棒状のろう（ストローワックス）の直径が（φ6mm）と，M6ダイスの適合直径（φ約5.8mm）が一致していなかったためである。焼印の軸部分を加工することは可能であるが，機械旋盤等の大がかりな機器が必要となる。

また湯作り時に，湯の流動性を高めるために添加したすずの量が多く，鋳物が脆くなりねじ切りに失敗した例もあったが，すずの計量を正しく行えば問題はない。

6）**a.** 鋳造の難しさが，よく理解できた

b. 作業内容に関する説明を客観的に行う必要がある

c. 鋳込みに使用する湯の量とるつぼの大きさの関係，また鋳込みのタイミングの説明が必要

d. 一つ一つの作業が，一連の作業に及ぼす影響が理解できた

a. 身近にある鋳物の製造工程を知り，その作業内容が理解できたということは，本教材の焼印製作がものづくり教育に貢献できる可能性を示している。

b. 作業前の口頭説明に「だんだんと」,「ゆっくり」等の表現が含まれており，作業者の理解が曖昧になったと思われる。口頭・文章で説明できない作業は，実際の作業を見せて説明する必要がある。

c. 前述 4）の **d.** の検討でも述べたが，作る湯の量に適したるつぼの選択，また専用のるつぼばさみの製作が必要となる。鋳込みのタイミングについては，湯の温度の測定及び，鋳型の加熱状況の細かな管理が必要であると思われる。

d. ものづくりは，細かくかつ正確な作業の積み重ねによって成されるという，ものづくり教育の重要な点が作業者に伝わっていると思われる。

7）はい → 3名，いいえ → 0名

少人数に対するアンケートであるが，焼印の製作実習を行った全員が“はい”の選択肢を選んだ。

以下に，選択した理由の一例を示す（自由記述・複数回答あり）。

・鋳造を体験する機会は非常に少なく，今回の焼印製作を教材として鋳造を学ぶことができるから。

・鋳造について知るだけではなく，製作した物を実際に使用できるから。
・焼印は小さく，保管も楽で丈夫なため，作品を長期にわたって使用できるから。
・盛んに火をたいている状態で，高温の溶けた金属を見る機会が少ないため勉強になるから。
・言われたことだけでなく，自分なりに考えてやることもできるところがよいと思うから。
・焼印製作を通して，楽しく鋳造について学ぶことができるから。

上記7）の自由記述では，肯定的な意見が多く出た。本教材の有用性が示された結果であると考える。

アンケートでは様々な回答が得られたが，問題点，課題点として回答されたものについては，そのほとんどが技術・物理的に解決可能なものであると思われる。

5．おわりに

本研究では，教員養成系大学及び学部の学生を対象とした教材を製作した。本教材では，金属加工の学習用として鋳造による焼印の製作を行った。鋳物材料には黄銅を，鋳型の製作には石膏，炉は耐火レンガで作製したコークス炉を用いた。いずれも入手が容易で，簡易な機材・資材であり，多くの教育現場での再現が可能となる教材になったと考える。

技術科教員を目指す学生を，本教材を用いた実習に参加させ，実習後にアンケートを実施した。アンケートの回答においては，多くの問題点及び課題があげられたが，基本的には解決可能なものが多かった。また，本研究での焼印製作実習を教材化することの可否を問う項目では，全員が「はい」と回答し，回答理由の自由記述においても肯定的な回答をしており，本教材の有用性を示す結果となった。ただし，有効性を決定するには回答数が少ない。

今後は，作業前の説明及び作業方法の改善を行うと共に，手順作業指導の“こつ”を記した指導用の手順書等を作成し，指導の質を向上させることが必要であると思われる。また，より多くの学生を製作実習に参加させ，多くのアンケート回答を得て，本教材に対する評価を明確にすることも課題としてあげられる。そして更なる教材の改良を行い，大学生のみならず技術科教材への展開を行いたい。

謝辞

焼印製作の実習に参加し，評価をいただいた，本学技術科教育1年杉山皓輝氏，山田哲士氏に深く感謝いたします。また実習の指導補助を行っていただいた，教育学研究科修士課程2年藤原天氏に，厚く御礼申し上げます。

引用・参考文献

1）北田正弘（2006）新訂 初級金属学，内田老鶴圃，pp.249−250
2）名用敏之（2016）教員養成系大学生の金属加工学習用教材の開発 ―鋳造による焼印製作の試み―，福井大学教育地域科学部卒業研究論文
3）奥野信一（1997）中学校技術･家庭科におけるピューター金属を用いた鋳造学習の展開 ―ロストワックス法による― ，福井大学教育実践研究，第 22 号，pp.349−365
4）山口礼郎（1977）中学校教材としてのアルミニウム鋳造方法，日本産業技術教育学会誌，第 19 巻，第2号，pp.7−10
5）小原嗣朗（2006）金属材料概論，朝倉書店，pp.232−235
6）門間改三（1993）機械材料 SI 単位版，実教出版，pp.153−156

Production of a Teaching Material with Metal Crafts for Students in University of Education
―Making of Brand ―

Kazuhiko ISHIKAWA, Toshiyuki NAYOU, Shin-ichi OKUNO

Keywords：Metal Craft, Teaching Material, Casting, Brand

焼印製作マニュアル（一部抜粋）

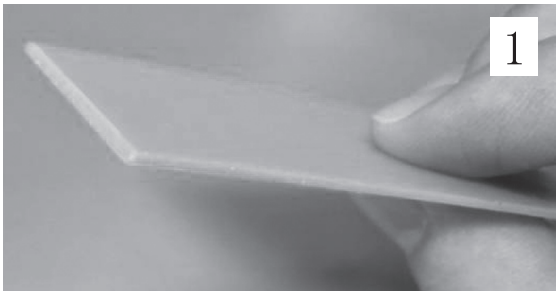
資料1

○焼印のもとになるろう型を作製する。

1．基板となる平ワックスと印面の文字を彫る平ワックスを重ね合わせる。

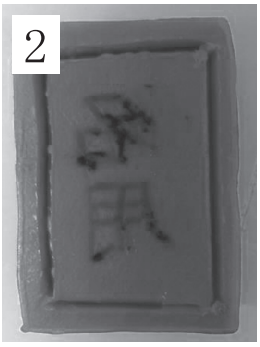


基板となる平ワックス（厚さ5.3mm）



印面の文字を彫る平ワックス（厚さ0.5mm）

2．カーボンペーパーを使用し，ろうに逆文字を転写する。



逆文字を転写したろう型



カーボンペーパー

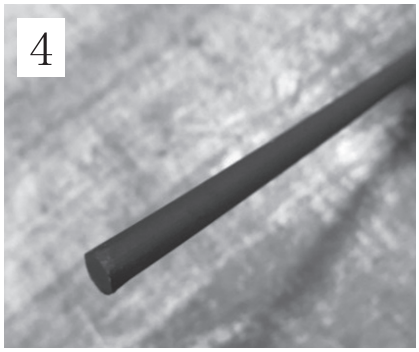
3．鋭利な刃物で文字を彫る。



4．折れたのこ刃の先端をガスコンロで加熱し，はんだ付けの作業と同じ要領で湯道をつける。



湯道をつけたろう型



湯道となるストローワックス
（直径6mm）

焼印製作に関するアンケート

資料2

学年　　名前

1) ろう型を作ってみてどうだったか？わかりにくかった点，難しかった点は？（文字の彫り方，湯道の付け方など）

2) 石膏鋳型の作り方についてわかりにくかった点，難しかった点は？

3) 鋳型の焼成についてわかりにくかった点，難しかった点は？

4) 湯（真鍮）の溶解，流し込みの作業についてわかりにくかった点，難しかった点は？

5) ねじ切りの作業についてわかりにくかった点，難しかった点は？（おねじ切り）

6) 全体を通して何を学ぶことができましたか？
　また，製作する中でもっと詳しく説明してほしかった点はありますか？

7) 最後にこの焼印製作を教材として扱うことに賛成ですか？

はい　　いいえ

なぜそう思ったのか理由を自由に書いてください。