

鍛接による刃物作り — 道具としての刃物に関する実践的考察 —

How to make a Blade by Forge Welding: A Practical Study about the Blade as a Tool

キーワード：

鋼
鍛接
焼き入れ
研磨
刃物

抄録

ものを作る際には道具が必要である。現代では様々な道具類を手軽に入手可能だが、本来ものづくりの基本は形作るための道具を自ら作り、メンテナンスをしながら制作するというところに他ならない。作りたいものに最も適した道具を作る能力が技を進化させ、作品の質を高めることに繋がる。そこで筆者は我が国における伝統的な鍛冶技術である鋼と軟鉄の鍛接による刃物制作を体験するプログラムを正課外活動として実践した。この取り組みは学生に道具としての刃物のでき方を理解させるとともに、鉄という素材の工学的特性を知ったうえで、熱と力をコントロールするという体験を提供し、効率的な道具のあり方について考えてもらうきっかけとなると考えている。

はじめに

筆者は以前から予備校や大学におけるデッサン指導を通して、鉛筆をうまく削れない学生が多いと感じてきた。刃物で何かを削るという行為以外にも、粘土で球を作ることや細長くひも状にするという単純な手の動きがおぼつかない学生、生徒が見られるという教育現場の声も耳にする。手や道具を使ってものを作るという経験の不足が招いている現象と見るができるが、手の退化と捉えることもできよう。

人類が直立歩行によって両手の自由度が増し、脳の発達に伴って道具を使いこなせるようになったことがその発展を促したことは広く知られている。霊長類の手は原始的なものからすでに母指対向性を獲得していた¹。これらの動物の手は親指とそれ以外の4本の指をそれぞれ別々に接することができるという能力を有し、このことにより非常に繊細で複雑な動作を行うことができる。刃物を扱う場合には、たいていの場合利き手で刃物を制御して反対の手で被削物を押さえるといういわばバイスとしての働きをすることが多い。刃物を繰り出す動きと押さえた被削物を適切な角度に保持する動作とがうまく連動しないものを削ることはできない。この場合に刃物がどれくらいの力で切削することができるのか、被削物と刃先の角度がどれくらいが適当なのかといったことは経験しなければ理解できない。こうした3次元における複雑な動きは立体的な把握力と創造力を刺激するものと考えられる。

さらには使おうとしている刃物がどれくらいよく切れるのかという見極めも重要である。切れ味の悪い刃物を使うと必要以上に力を入れることになり、かえって危険である。紙などの工作においては一般的にカッターナイフを使うことが多い。カッターはあらかじめ刃に斜めの筋がつけてあり、切れ味が落ちると刃を折って切れ味の良い部分を使いながら消費していく。これは研磨を必要としないいわゆるスローアウェイ(使い捨て)であり、カッター以外にも髭剃りなどの精度の高い刃物や機械工具などにも見られる。これらは刃物の研磨が熟練を要するため、刃物素材のロスよりも研磨の手間を省くことを優先した結果と見ること

もできる。本稿で取り上げたプログラムを体験することによって切れ味に対する見極めと研ぐことでその切れ味を維持できるという実感を得ることにつながる。

昭和35年、浅沼事件を契機として中央青少年問題協議会の提唱により「刃物を持たせない運動」がはじまった。²これは当時17歳の少年が刃物による殺傷事件を起こしたことがきっかけとなり、特に学校教育の場において子供達から刃物が遠ざけられるということとなった。筆者が子供時代を過ごした1970年代にはこのヒステリックなブームが去ったからなのか、肥後守もどきの小刀やカッターナイフなどを普通に持っていたと記憶している。その後コンピューターゲームの普及によって子供の遊びにとって刃物は重要なアイテムではなくなっていくわけだが、コンピューターゲームが子供の創造性を阻害する元凶だとする論調には同意できない。電腦世代が作り出す新たな文化にも新たな創造性は必要となると確信するからである。しかしものづくりにおいては道具と治具の工夫は不可欠であり、3Dプリンターの精度が今後飛躍的に向上したとしても素材を活かすための人間の勘が必要なくなることはないと思う。その意味でも肉体的感覚としての刃物と素材との関係性を知るうえで、この制作体験は糧となるはずである。

刃先の形状で分類した一般的な刃物の種類

片刃：出刃包丁、切り出し、鑿、鉋、彫刻刀、鎌、鋏、鉈、鉈両刃³：菜切り包丁、日本刀、西洋ナイフ、斧、竹割り鉈、カッターナイフ、替え刃式剃刀

刃物の形状を表す言葉として片刃、両刃がある。片刃は刃物の身の片側だけに刃がついているということと刃先の片面が平らな状態(刃裏)を有するということの二つの意味がある。両刃も刃物の身の両側に刃がついているということと刃先の両面から研磨してあるということの二つの意味がある。日本刀の場合、身の形状は片刃で刃先は両刃ということになる。(図1)

鍛接による刃物をデザインする際に考慮すべき点として、銃刀法違反とならないような寸法とすることが

挙げられる。『刀剣類の認定基準および刃渡り等の測定要領について』の中には「刃体の長さが6cmをこえる刃物を携帯してはならない」という記述がある。柄のついた刃物と切り出しのような柄と刃体の境目がはっきりしないものでは基準が異なる。刃体というのは柄のついた物であれば「刃物の切先と柄部における切先に最も近い点とを結ぶ直線の長さ」とされており、刃と柄が繋がっている切り出しなどの形状の場合、刃物全体の長さから8cmを引いた長さが刃体となる。ただし「携帯の禁止から除外される刃物は、刃体の長さが8センチメートル以下の はさみ、折りたたみ式ナイフ、くだものナイフ、切出しなどで種類、形状などは政令第9条に定められている。」とあり、切り出しの場合は刃渡りの長さに関わらず全体の長さが16cmまでということになる。

以下の制作プロセスは二代目左市弘こと故山崎正三氏が東京藝術大学鍛金研究室で行った集中講義での指導内容を踏襲している。

1. 鍛接（火造り）

1-1 鉄と鋼について

鉄（Iron）と鋼（Steel）は混同されることが多い言葉だが、鉄は金属元素を指し、鋼は炭素を含んだ鉄の総称である。鉄はその特徴として炭素を固溶し、0.04～2%の炭素との合金を鋼⁴という。古くから木炭や石炭、コークスの還元により生産されてきた鋼を炭素鋼といい、これに数種類の元素を添加してできたものを合金鋼という。炭素鋼は炭素含有量によって以下の種類に分けられる。（JIS 記号：S〇〇C）

低炭素鋼（炭素含有量が0.3%以下）

中炭素鋼（炭素含有量が0.3～0.7%）

高炭素鋼（炭素含有量が0.7%以上）

一般的な鋼材であるSS400の場合、炭素含有量は0.15～0.2%で低炭素鋼の範疇である。炭素が含まれているとはいえ、0.3%以下の鋼材は焼き入れができない。金鋸や鍛金で使用する当て金などは約0.5%、ヤスリなどの工具は約1%の炭素含有量である。この炭素の働きによって焼き入れが可能となり、硬さを得ることになるが、硬い反面脆く欠けやすいという欠点も生じてくる。そのため靱性のある軟鉄で補強するために必要となるのが鍛接の技術である。通常、鋼材はクロカワと呼ばれる酸化皮膜で覆われており、そのままでは接合できないので、事前に取り除く必要がある。

常葉大学鉄同好会で使用している鋼は青紙2号という合金鋼で1.1%の炭素にクロム・タングステンが加えられ、耐摩耗性が改善されている。⁵

1-2 鍛接

プロパン炉、もしくはコークスを燃料とした炉をつ

くり、1200℃以上の温度を維持できるようにしておく。予備火力としてアセチレントーチを準備する。鋼は青紙2号を使用し、事前に接合面を研磨して酸化皮膜を取り除いておく。鋼は刃になる部分だけに使用し、持ち手側は斜めに角を落としておく。（図2）軟鉄は赤くなるまで加熱して接合面の酸化皮膜を古ヤスリなどで取り除く。

火花印の鍛接剤を軟鉄の上に盛り、その上に鋼を乗せる。鋼と軟鉄の境目には多めに振りかけておく。

炉に入れて金鋸で叩く。この時に溶けた鍛接剤が四方に飛び散るので注意が必要である。（写真1）最初の1打で躊躇なく叩くことが重要で、その後は鋼が端の方から剥がれないようにしっかりと密着させる。（図3）山崎氏によれば、最初の1170℃から徐々に温度を下げながら火造りを行うことで鋼の組織を密にしていくことができ、切れ味を向上させることができるという。平らな面を持つエアハンマーがあれば作業は楽だが、ない場合は金鋸で打つしかない。鍛接直後には約2倍の厚さとなる刃の部分を持ち手と同じ厚さになるまで打ち延ばしていく。鋼はもともと軟鉄よりやや硬いことを頭に入れ、持ち手との境目付近が薄くならないよう気をつけなければならない。

1-2 成形

本来ならば火造りで刃物としてのおおよその形を作るわけだが、切り出し等のシンプルな刃物であれば鍛接して板状にしてからアウトラインを切り落とすというプロセスでも良い。鍛接した後に側面から叩くと剥がれるリスクもある。切断はバンドソーで行い、グラインダーとベルトサンダーで整える。（写真2）火造りの際の鋸目や酸化皮膜等による肌荒れは刃物としての表情を生むため、残しておくこともできる。刃をつけるために斜めに削るが、焼き入れ時に温度が上がりすぎるのを防ぐため刃先は1mmほど厚みを残しておく。

1-2 裏スキ

片刃の刃物で最も重要な箇所が裏スキである。裏スキとは裏押しの際に砥石と接触する面を少なくするための凹みで、多くの場合回転砥石で形作られる。回転する砥石の場合研磨箇所の断面の凹みの形は円弧を描くが、「セン」という道具を使って削ることで長い間使ってもベタ裏⁶になりにくい裏スキにすることができる。写真は筆者が制作したセンである。青紙2号を使用し、焼き入れ後刃先角度は約70度に研磨してある。（写真3）

1-3 毛彫りでサインを入れる

柄の部分は軟鉄でできているので、丸毛彫りタガネでサインを入れる。センがけにおいてもそうだが、焼きが入る前の鋼にはより硬い焼きの入った鋼で切削を

行うことができる。鋼で鋼を切るということに不思議さを感じる人は多いが、硬さをコントロールできるというのが鋼の最大の特性なのである。軟鉄を彫るということであればよりやすく加工することができ、サインを入れることで自分の作った刃物に対する愛着と責任感も生まれてくる。(写真4)

1-3 焼き入れ

刃という字は「やいば」と読み、焼きを入れて硬くなった刃「焼き刃」がその語源となっている。このことは鋼という素材が特に熱処理においてその特性を最も発揮するというを示している。

焼き入れ前に刃物全体に砥の粉を塗る。このことにより均一な加熱と水で急冷する際の沸騰による泡を軽減することができる。砥の粉には少し粘土を混ぜて刷毛で塗り、鋼部分は薄く、それ以外は厚めに塗る。刀匠にとっては「土置き」と呼ばれる、刃紋を生み出すための重要な工程である。(写真5)

松炭を約2cmのサイコロ状に割り、なるべく薄暗い作業場に炉と水を張った桶を準備する。松炭であるメリットはコークスほど温度が高すぎないことと、軽い燃料であるため色を確認するために火の中から出したり入れたりする際に表面の砥の粉が剥落しにくいことが挙げられる。火力があり、燻にならずに燃え尽きてくれるということが燃料としての松炭の特徴である。木炭やコークスなどの燃料で加熱する場合は炉の温度が変化しやすいので、こまめに燃焼環境をチェックする必要がある。プロパンガスによる鍛造炉であれば炉内の温度は安定しているため作業はしやすくなる。

ハンで刃物を持ち、持ち手の方から火の中で約800℃に昇温し、持ち替えて刃先を昇温したら水に入れる。その時水の中で8の字を描くようにすると良い。鍛接で作る刃物の場合、焼き入れ時に鉄が冷える過程で反りや歪みを生じる。これは鋼が焼き入れ時に膨張する⁷ことと、軟鉄が温度差により収縮することで生じるものである。日本刀の場合、この現象によって独特の反りが生み出されている。

写真で示した作例は右が焼き入れ前にまっすぐな状態で焼き入れしたもの、左が赤めて鋼側に少し曲げてから焼き入れしたものである。この操作により焼き入れ時の歪みを軽減することができる。(写真6)

1-4 焼き戻し

軟鉄で守られているとはいえ、焼きを入れたままの鋼は欠けやすいため、組織に靱性を与えるために焼き戻しを行う。鑿や工具類などの場合は炎によって鋼の表面に生じるテンパーカラーという虹色を見て、焼き戻ししたい部分が薄い黄色になるところで水冷することが多い。その時の温度は約180℃で、油を同じ温度

に熱してその中で30分間熱処理を行う。この過程で焼き入れ時の酸化皮膜が黒く変色する。(写真7)

油から上げてまだ熱いうちに焼き入れて生じた歪みをそっと叩いて修正する。この作業が最も繊細で神経を使う。刃物の下にボール紙を2枚敷いて叩きたい箇所を浮かし、叩く際にもボール紙を当てて鋼側から金鉋あるいはタガネを使って叩く。この変形は必ず生じるので、上述したように焼き入れ時にその変形を見込んで刃裏方向にやや反らせておくということも考えられるが、変形する力が鋼を引っ張るように働くような加工、すなわち刃表から叩くことは割れの原因となるため曲げすぎない方が安全である。焼戻しが終わって先端がわずかに鋼側に曲がっているぐらいだと裏押ししやすい。

2. 研磨

2-1 裏押し

焼き入れて生じた歪みの修正は粗めのダイヤモンド砥石で刃先と峰の部分が平らになるように調節しながら行い、砥石が当たらない箇所が無くなったなら金盤と金剛砂を使って裏押しを行う。金盤に一つまみの金剛砂をおき水を2、3滴垂らして刃裏を押し当てて研磨する。徐々に金剛砂が潰れて細かくなっていき、最後にはペースト状となってから摩擦熱によって水分がなくなり、あたかも仕上げ砥の表面ようになる。このことにより刃裏は平らな鏡面となる。片刃の刃物は刃裏で切ると言われるように、最も重要な箇所である。刃物を使いながら研磨する際にも基本的に刃裏は砥石で強く研ぐことはせず、研磨の過程で出た刃返り(バリ)を軽く取り除く程度に止める。

2-2 刃の形状

刃物のシルエットは様々であり、刃先がまっすぐなものや日本刀のように湾曲したもの、鎌のように曲がった形のものもあり、用途に合わせて無限にあるとあって良いだろう。ここで言及するのは刃先の断面形状についてである。2つの研磨面が出会う箇所を刃先といい、その研磨面が作る角度を刃先角度という。その先端の曲率が小さいほど鋭い刃ということになる。刃物が物を切る原理は、まず刃先で切開し、刃先角度によって押し広げながら切り進む。この刃先角度が小さい方が抵抗は少なくなり、先端も鋭利になるが欠けやすくなる。このためあえて刃先をやや鈍角に「二段砥ぎ」⁸することを小刃⁸(こば)という。カッターナイフや剃刀の刃先にもよく見ると小刃がつけられているのがわかる。

2-3 研磨のプロセス

刃表を刃先に向かってグラインダーで斜めに削る。

この時刃先が熱で焼きなましにならないよう大型の水砥石が使えれば良いが、無い場合は熱を持たないように時々水につけて様子を見ながら削る方が良い。刃の側面形状、断面形状は上述した通りだが、シンプルな切り出しであれば平面での研磨か2次曲面での研磨が適当であろう。荒削りが済んだらダイヤモンド砥石の#150または荒砥で丁寧研磨し、刃返り(バリ)が出るまでこれを行う。次に中砥で研磨し、仕上げ砥まで番手を上げていく。砥石は常に平面を維持するように手入れが必要で、作業前後に必ず砥石同士をすり合わせておく。平面を維持する作業のために荒砥を2つ、またはドレッサーを持っておくと良い。研磨の際に砥石の中央だけを使うと凹んでしまうので、研磨する場所を変えて砥石の表面全体を使うようにすべきである。

片刃の場合は右利き用と左利き用では刃表から斜めに削る箇所が異なるので削る前に刃物を手で持って確認した方が良い。

まとめ

金属加工に慣れていない学生がほとんどであるため、全てのプロセスにおいて安全講習と見守りが必要となるが、危険だからという理由でその作業をさせないというのは「刃物を持たせない運動」と同じことである。

スウェーデンにおけるスロイド教育の中では、幼い子供に刃物の扱い方を教え、実際に木を加工して簡単な製品を作らせている。刃物を扱う時の注意点について、例えば他人に刃物を手渡す時にどうすべきなのかということについて知ること、刃物の危険性と同時に他者への配慮を学ぶことができる。また、握力のない子供に刃物を扱わせるために被削物を木の台の上に立てて刃物を真ん中あたりから台まで削り下ろすという動作を指導している。この方法は、両手の微妙な動きで鉛筆を削ることがうまくできない場合などにも有効であろう。

スウェーデン教育庁によるナショナルカリキュラムにおけるスロイドのシラバスでは以下のように示されている。「スロイド教育はものづくりの作業や活動に関わる知識や技能の習得はもとより、創造性の育成、文化的歴史的な教養の習得、地球環境に配慮した生活の在り方を考えることなど多面的に目標が設定されている。」⁹ スウェーデンにおけるコアカリキュラムはものをつくることを中心に据えているといえよう。

産業ロボットをはじめとするあらゆる工作機械は人間の手作業を効率化し、精度を上げたものだとすることができる。しかしながらその工作過程の一つひとつはもともと手作業だったのである。工業製品に囲まれて暮らしている現代人にとって、ものが出来上がるの

は工場という万能のブラックボックスの中の出来事であり、人の手では何もできないように感じてはいないだろうか。筆者の狙いはそのものづくりへの無力感を原始的な道具である刃物を作り上げることで打破したいという点がある。それと同時に「切れ味」という、妥協を許さない合理性に向かって集中することで素材としての極限を体験し、ひいては道具が持つ美しさを垣間見ることができると考えている。

冒頭に述べたように使い捨て刃物の普及もあって、刃物を研磨しながら使うという経験が乏しい人は多く、切れない刃物を使い続けているということも多い。よく切れる刃物は危険だが、切れない刃物で過剰に力を加えて加工することはそれ以上に危険である。刃物のあるべき切れ味と加工に必要な力加減を知るための指導が重要となる。

プロダクトデザインとしての観点から見ると、手で扱う道具である以上、手と道具のプロポーションと安全性について考えることとなり、シンプルな形の中に必要な合理性を感じ取ることができる。また、研磨という行為自体がマイクロレベルでの仕事であり、刃先の曲率が $5\mu\text{m}$ という「刃物」の基準に迫ることでその形が持つ緊張感が美しさと直結することをデザイン要素として捉えることになる。出来上がった刃物は危険であるため、保管のため革で専用のケースを制作する学生もいた。(写真8)

鉄は、人類の文明を一変させたと言って良い。三時代区分という観点からすれば、現代も鉄器時代が続いていると言われるほどに我々の文明を支えている素材なのである。その利用価値が最も高いのが鉄と炭素の親和性によって生じる焼き入れによる硬化現象であり、我が国の伝統的な鍛冶技術には鋼と軟鉄とを組み合わせることで双方の弱点を補い合うという先人の工夫を見ることができる。

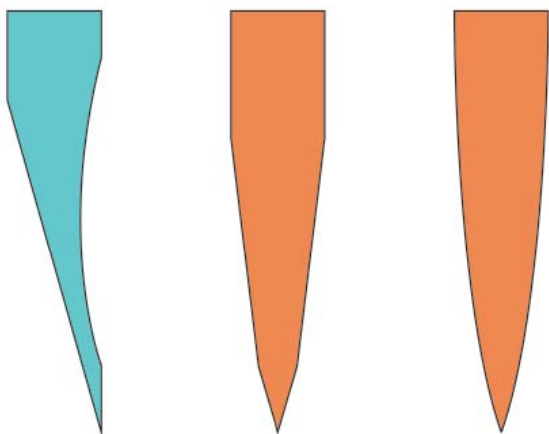
- ¹ Le Gros Clark 1963, Napier 1961
- ² 「有害環境問題等対応の推移」平成17年度版 青少年白書（内閣府）http://www8.cao.go.jp/youth/whitepaper/h17zenbun/pdf/ymp_r_16.pdf 2018年10月7日閲覧
- ³ 諸刃（もろは）ともいう。
- ⁴ 鋼は鉄鋼とも呼ばれ、素材としては鋼材という。
- ⁵ 青紙、白紙、黄紙など色の名前がついた鋼は日立金属安来工場で生産され、材質がわかるように貼り付けられた色紙が由来となっている。
- ⁶ 裏スキの凹みがなくなり、裏押しをしたときに刃裏の鏡面が広がってしまうこと。
- ⁷ 鋼の結晶は、高温ではオーステナイトと呼ばれる面心立方構造で常温ではフェライトと呼ばれる対心立方構造を呈する。オーステナイトは炭素をよく固溶するが、フェライトはわずかの炭素しか固溶できない。そのためゆっくり冷めるときには炭素はフェライト組織から拡散し、セメンタイトとフェライトが層状に現れるパーライトが形成される。急冷の場合は拡散が十分に起きないため、炭素が体心立方格子の一軸を伸ばして入り込み、マルテンサイトという結晶構造となる。このことが焼き入れ時の体積膨張の原因となる。
- ⁸ 西洋ナイフの用語では micro bevel という。
- ⁹ 『スウェーデン人大学生調査からみるスロイド教育の学び』長 拓実 河村美穂 埼玉大学紀要 35-48 2017

【参考文献】

『おもしろサイエンス 刃物の科学』 朝倉健太郎
日刊工業新聞社 2017

片刃

両刃



小刃どめ

蛤刃

図 1

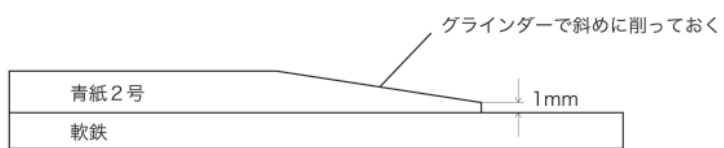


図 2

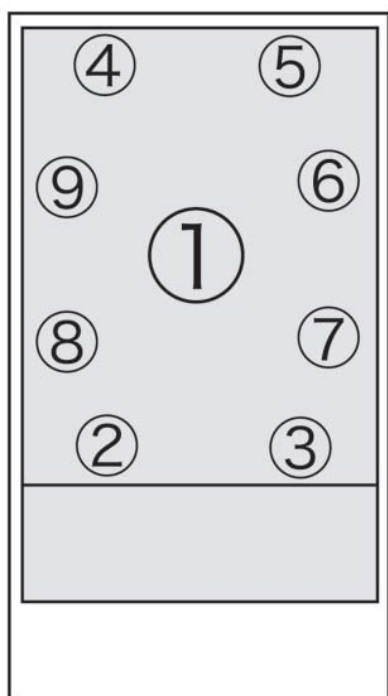
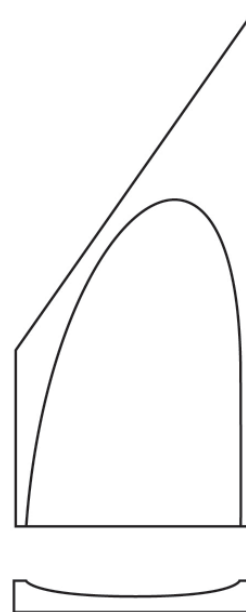


図 3



断面

図 4

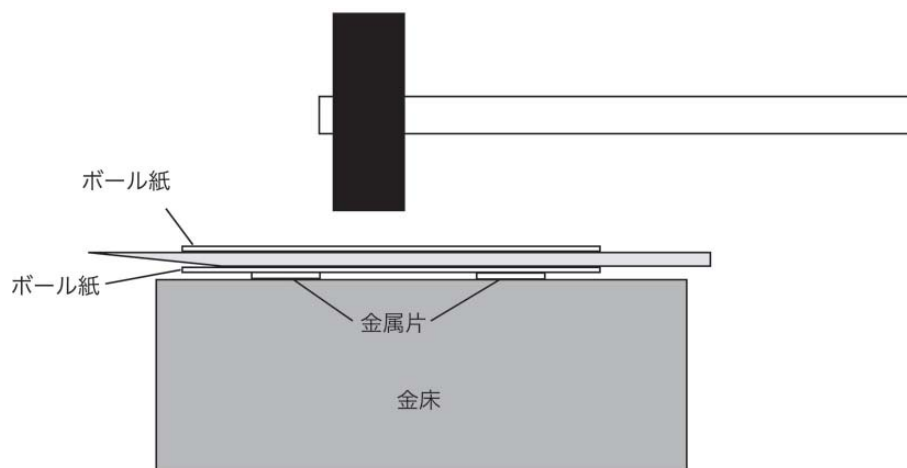


図 5



写真 1



写真 2



写真 3



写真 4



写真 5



写真 6



写真 7



写真 8