

金属とプラスチックの複合製品の 製作学習の工夫と指導法の研究

技術科 石 田 勉

目 次

I 序論	76
1. 研究の目的	76
2. 研究の方法	76
3. 研究の経過	76
II 学習指導計画	78
III 製作の工夫と指導法	78
1. 題材の選定	78
2. 生徒が感じる困難さ (1) 本体・銅材 (2) つまみ・アクリル材	78
3. 考案設計	81
4. 製作	81
(1) 本体	81
(2) つまみ	83
(3) 仕上げ・研磨	84
IV 評価と課題	84
1. 結果と考察	84
2. 生徒の感想文	89
3. 今後の課題	90
附 参考文献	90

要 旨

平成7年と8年度は研究のため、金属加工の製作学習題材として鋳造品のみを扱ったので、金属の加工方法として一番身近で手軽である切削加工を十分に学習することができなかったが、平成9年度からペーパーウェイトを製作題材に加えた。

新学習指導要領実施にともない、平成14年度からは、複合材料のペーパーウェイトを考え、本体を銅材、つまみをアクリル材とした。

少ない工作機械、限られた授業時間数、1クラス34人の生徒の指導という条件の下で切削加工の学習を効率的に行わせる工夫や、アクリルのようなかたくても破損しやすい材料の切削・研磨加工の改善を重ねて完成度の高いものを製作できるようになった。

I 序 論

1. 研究の目的

平成10年の学習指導要領の改訂で、“ものづくり”の製作題材は、木材、金属、プラスチック等を使った複合材料の題材になった。これまで製作題材としてきたペーパーウェイトの本体とつまみの材質を金属と非金属にすることを考え、教材としての適合性を研究することとした。

2. 研究の方法

年度ごとに、研究発表会資料、研究紀要、技術教室（農山漁村文化協会発行）、プラスチック加工に関する書物等から学んだ加工法や指導法に、自ら考え工夫した方法を付け加えた授業実践を行った。

加工法や指導法の工夫は製作時間の短縮と加工時の失敗（主にプラスチックの破損）に主眼をおいて行った。

工夫・改善の結果は、作品の評価、アンケート、感想を通してできるだけ数量的に把握して、検討した。

3. 研究の経過

(1) 平成9年～10年度

3年男子のみの授業（2クラス合同で約25名）で、ペーパーウェイトを金属加工題材その2（その1は、キーホルダーのアクセサリ）として製作させる。

直径60ミリ、厚み約15ミリの黄銅丸材の両端面を旋削し、中心に穴を開け、めねじを切る。半完成品の黄銅のつまみには、おねじとローレットを施す。本体には名前を刻印する。

(2) 平成11年度

この年度から新学習指導要領への移行期間になり、本校では、技術・家庭科の授業はすべて男女共学共修とすることになった。今まで男子のみ25人前後で学習していた原型を作る方法のキーホルダーのアクセサリの製作は、1クラス約34人では設備・用具・場所・時間・指導の面で無理であると判断し、金属加工のもう一つの題材であるペーパーウェイトの製作のみとした。

この製作は旋盤で加工する作業を含み、旋盤が3台しか無い（他に、古い小型旋盤が1台あるが）ので、全員がペーパーウェイト本体の両端面を旋削するのは時間的に無理で、片面は金工ヤスリとペーパーヤスリによる手加工とした。材質も堅い黄銅から柔らかい銅材に改めた。さらに、半完成品の黄銅のつまみにローレットを施すことを省いた。

しかし、待ち時間というロスタイムが多く、キーホルダーの製作が無い割には時間的ゆとりを感じなかった。

(3) 平成12年度

男女共学で、原型を作らない簡易的な方法のキーホルダーのアクセサリーの製作を行った。一方、ペーパーウェイト作りは旋盤が少ないため、どうしても休み時間や放課後に作業する生徒が出る。このことを考えて、3年生の4クラスを2つに分け、前期にキーホルダーを製作したクラスは後期にペーパーウェイト作り、前期にペーパーウェイトを作ったクラスは後期にキーホルダーの製作を行うように組んだ。

昨年度の時間不足の反省を踏まえて、ペーパーウェイト本体の端面の旋削をやめて、手加工とした。かわりに、つまみのおねじ部を旋盤によって加工させることにした。

直径15ミリの銅の丸棒を約33ミリに弓のこで切断し、両端面とおねじ部を旋削させた（長約15ミリ、径8ミリまで細くする）。

しかし、本体の旋削を、つまみの旋削にかえたただけなので、加工時間を短縮することにはならなかった。

(4) 平成13年度

新学習指導要領移行期の最後の年で、技術・家庭科の授業時間数が0.5時間少なくなり、ペーパーウェイトとキーホルダーの両方を製作することは時間的に無理になった。キーホルダーの製作所要時間は短かすぎるので、ペーパーウェイトを製作させることにした。

また、昨年度に行った、クラスを前期・後期に分けるのをやめ、4クラス同時進行の授業に戻した。

複合材料を意識してペーパーウェイト本体は今までの銅（直径60ミリ、厚み約15ミリの丸銅材）、つまみを直径16ミリのアクリル材（透明）の丸棒にした。

このアクリルの丸棒を約30ミリに弓のこで切断し、両端面と雄ねじ部を旋削させた（長約15ミリ、径8ミリまで細くする）。アクリル材は金属に比べてかなり折れやすく、雄ねじ部の径が8ミリでは、旋削とダイスによるねじ切りの時に折れてしまう生徒が多く出て、改善の必要に迫られた。

(5) 平成14年度

新学習指導要領実施の年である。前年と同じ題材・材質のペーパーウェイト製作であるが、アクリル材の強度を考慮して、つまみのねじ部を径10ミリに変更した。これにより旋削とダイスによるねじ切りの時の破損が非常に少なくなった。

(6) 平成15年度

ミニ旋盤を購入。古い小型旋盤も使って計5台の旋盤を授業で使う。旋削作業の待ち時間が、大変に少なくなった。

(7) 平成16年～17年度

カリキュラムの変更で、ペーパーウェイト製作は3年の選択技術で行うことにした。

II 学習指導計画

平成14・15年度の第3学年の“ものづくり”分野の加工学習領域部分の学習指導計画を示す。

第三学年の男女が共学で履修する。4月～9月は栽培領域の学習(14時間)、9月～2月は加工領域の学習(20時間)、総指導時数は34時間である。

(1) 材料の性質と利用	指導時数	5
(2) 製品の設計		1
(3) ペーパーウェイトの製作		13
①本体の端面削り		(4)
②穴開け, めねじ切り		(3)
③つまみの旋削加工, おねじ切り		(3)
④刻印打ち, 仕上げ・研磨		(3)
(4) 学習のまとめ		1

III 製作の工夫と指導法

1. 題材の選定

男子のみの授業の時には、金属の切削加工題材としては、鍛造を含めたドライバー製作を選んできた。しかし、ドライバー製作は、穴開けにボール盤を使用するが、弓のこと鉄工やすり、タップとダイス等の工具を使った手作業が主である。

工作機械の代表である旋盤による切削加工を学ばせて、手加工と工作機械による加工との、肉体的労力、早さ、正確さ(精度)、美しさなどにおける違いを明確に体得してほしいと思い、丸形のペーパーウェイト製作を選定した。

2. 生徒が感じる難しさ

平成15年度にペーパーウェイトの製作を終えた後でアンケート調査を行った。その中に各製作工程の作業の難しさについての質問があり、結果を表1とグラフ1に示す。

調査数は、男子30人、女子63人、計93人で、数字は%に換算した値である。

(1) 本体・銅材(表1-1, グラフ1-1)

難しいと感じている割合が一番大きいのがめねじ切りで、3割を占める。銅は粘りがある金属なので、戻しをひんぱんに入れないと切り込み過ぎて進まなくなってしまう。

タップ回しもT型のタップホルダーを使ったのでハンドルが短く、回すのに苦労したのである。注油をして、戻しを頻繁に入れながら、少しずつ切り進むことを強調したい。

タップ回しを、一文字型のタップハンドルに替えると、柄が長いだけ軽く回るので、難し

く感じる生徒が減少すると思う。ただし、タップハンドルは作業中にハンドルが緩みやすいので、タップをおさえる向きにハンドルを回す力を加えながら作業せねばならない。

単目やすりがけは、端面を均一にやすりがけして平面に仕上げることが難しく、また、削るのに時間と力が必要ということが困難さの理由である。

単目やすり上に本体を置いて、本体を前後に動かして削る方が生徒に合っている。

心出しはトースカンの針先の位置（高さ）が一定であることが大切である。針をネジ止めしている部分を掴んで定盤上を滑らせると、針先がブレて中心がきれいに出ない。

表 1-1 製作工程別作業の難しさ（本体：銅）

◎とても簡単だった ○簡単だった △ふつう ×難しかった
 (数字は%に換算した値)

製作工程	◎	○	△	×
①単目やすりがけ	14.0	24.7	37.6	22.6
②心出し	6.5	21.5	50.5	19.4
③穴あけ	12.9	32.3	37.6	15.1
④めねじ切り	3.2	17.2	49.5	29.0
⑤紙やすりで削る	14.0	40.9	33.3	11.8
⑥耐水ペーパーによる研磨	12.9	37.6	38.7	9.7
⑦刻印打ち	18.3	28.0	37.6	15.1

グラフ 1-1 製作工程別作業の難しさ（本体：銅）

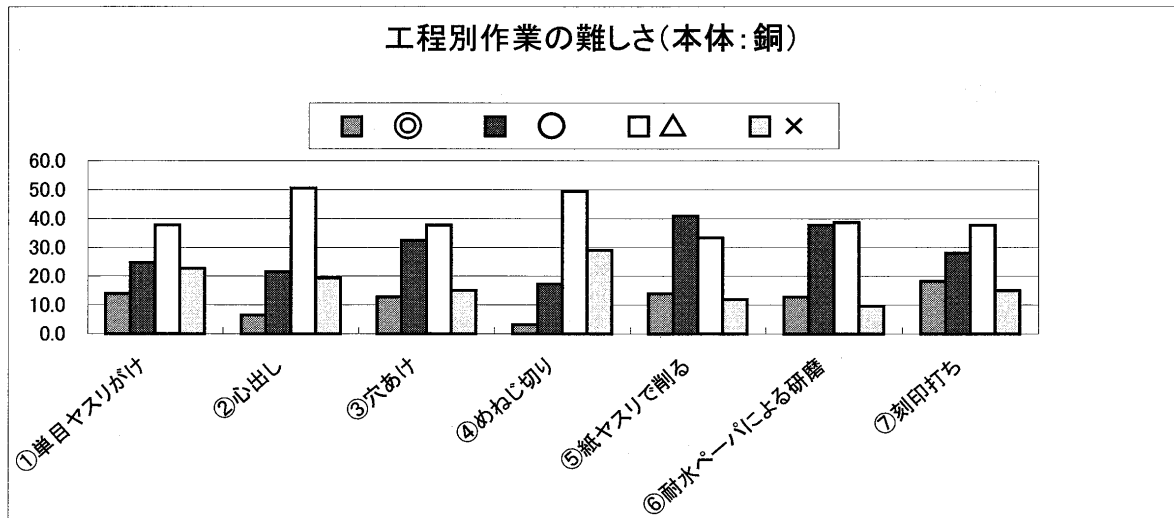


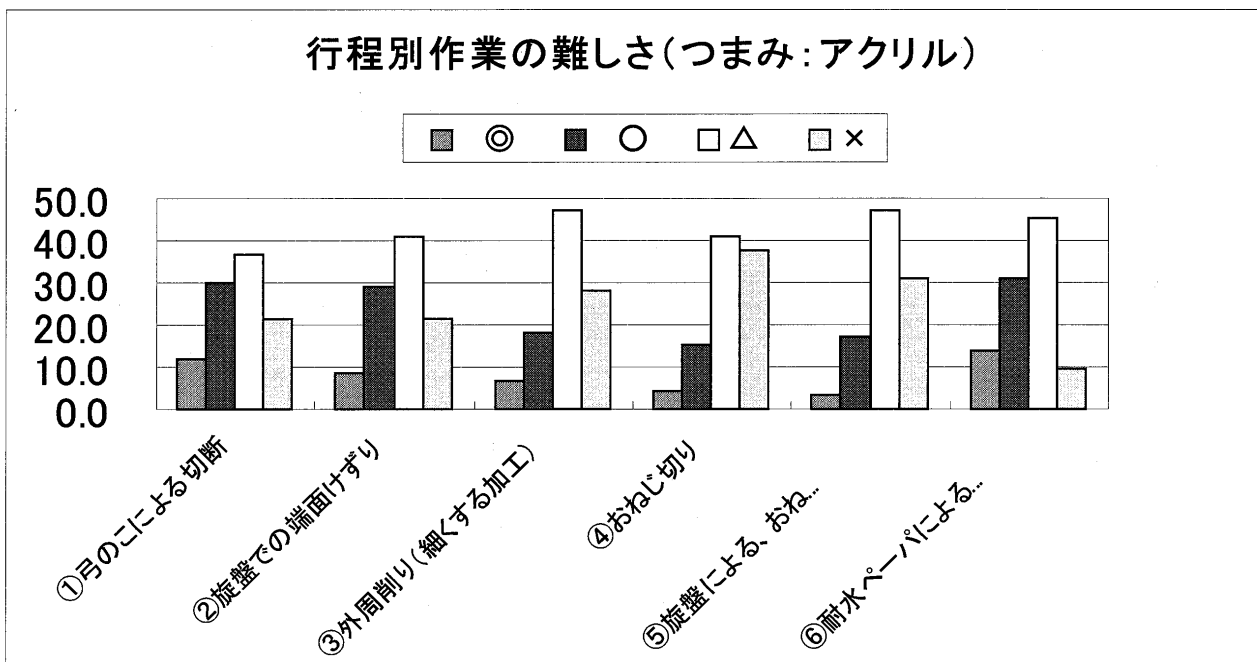
表1-2 製作工程別作業の難しさ (つまみ:アクリル)

◎とても簡単だった ○簡単だった △ふつう ×難しかった

(数字は%に換算した値)

製作工程	◎	○	△	×
①弓のこによる切断	11.8	30.1	36.6	21.5
②旋盤での端面けずり	8.6	29.0	40.9	21.5
③外周削り(細くする加工)	6.5	18.3	47.3	28.0
④おねじ切り	4.3	15.1	40.9	37.6
⑤旋盤による、おねじ部の仕上げ (付け根部を少し細くする加工)	3.2	17.2	47.3	31.2
⑥耐水ペーパーによる端面(上面)の研磨	14.0	31.2	45.2	9.7

グラフ1-2 製作工程別作業の難しさ (つまみ:アクリル)



(2) つまみ・アクリル材 (表1-2, グラフ1-2)

つまみのおねじ立てを、4割近くの生徒が難しく感じている。ダイスハンドルを水平に保持して切り始めているつもりでも、少し傾いてしまうことが多く、また、切り進みすぎて、ダイスがつまみの凸部(ネジ部)の底に当たりネジ部が折れてしまうという失敗も少なくない。

おねじ部の仕上げは旋盤で行うと、バイトの微妙な動きを操作することになり、生徒にとっては難しい作業だと思う。組やすりの三角やすり(または甲丸やすり)を使って行う方が

生徒にはやりやすい。

旋盤の外周削りは、削り量が多いと、欠けたり、細く削り過ぎたりしやすい。作業時間はかかるが、少しずつ削らせる指導が必要である。

端面削りは、端面にいきなりバイトを当てると、上手に削れない。端面削りも、切り始めは、特にバイトをゆっくり進ませて慎重に削らせる。

3. 考案設計

ペーパーウェイトの素材は、本体が直径60ミリ、厚み約15の丸銅材、つまみは、直径16ミリ、長さ約30ミリの亚克力材（透明）の丸棒なので、形状の変化は付けにくくまた時間がかかるので、基本的には素材の形状を変えないで作品をつくることとした。

指導時間にゆとりがあるならば、本体に段差などの変化をつけてもよいことにすると生徒の製作意欲が増す。

形状の設計条件は下記のようにした。

- ① 本体の大きさは、直径60ミリ、厚み約15ミリにする。
- ② つまみのつまみ部の長さは10～15ミリとする。
- ③ 本体に名前を刻印する。
- ④ 本体の全面とつまみの上面を研磨する。

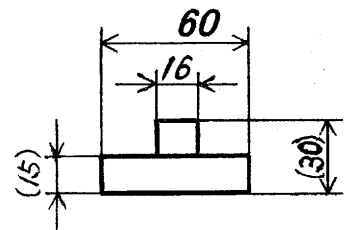
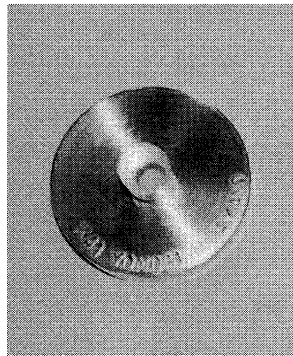


写真1 完成作品（写真）と正面図

4. 製作

ペーパーウェイトの製作法と指導上のポイント、および使用する材料・工具・機械等を記述する。

(1) 本体

① 単目ヤスリがけ

銅丸材の平面には、切断に使ったノコ刃の跡が大きな凹凸となって残っているので、これを単目やすり（中目または荒目）で削って平らにする。

② 芯出し

定盤、Vブロック、トースカン、油性のマジックインクを使って芯出しを行う。中心にセンターポンチを打つ。

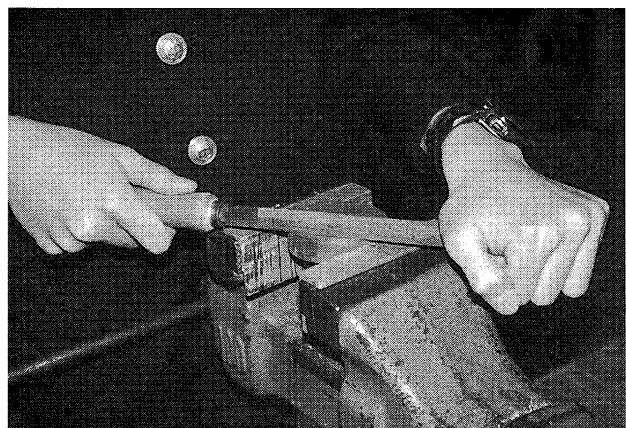


写真2 単目ヤスリがけ

③ 穴あけ

ボール盤で8.5ミリの穴をあける。

機械万力は、ハンドル操作で自由に材料の位置を変えることができるものがよい。直角二方向から、センターポンチ跡と、ドリルのチゼルポイントとが一致していることを確認することが大切である。

穴径が大きいので、穴開け時のハンドルの送りは、特にゆっくりと行う。また、切削部分に時々注油する。

穴開け直後は、本体の銅が熱くなっているので不用意に手で持たぬように注意する。油や汚れを拭く布を生徒にくばり、この布に記名させ、本体とつまみをくるんでおくこと保管しやすい。

④ めねじ切り

本体を箱万力に固定し（口金を必ずあてる）、タップ（ $\phi 10 \times 1.5$ ）でねじをたてる。銅は粘りの強い金属なので、ねじ切りは戻しを頻繁に行う（1/8回転切り進み、1/2回転戻す。これを繰り返す。）。時々油をさす。

切り粉が穴に残るので、タップを抜いた後、タップの切り粉を払い、もう一度タップを入れて切り粉を押し出し、穴の中をきれいにする。

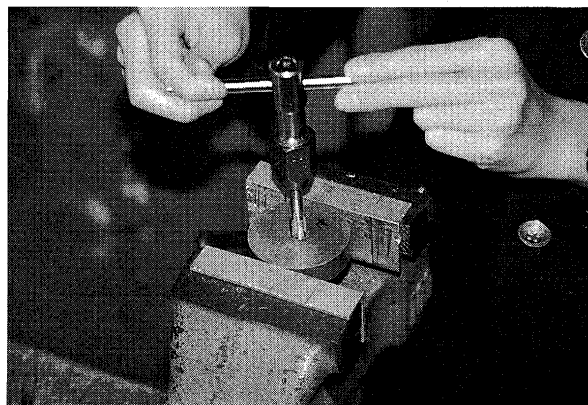


写真3 めねじ切り

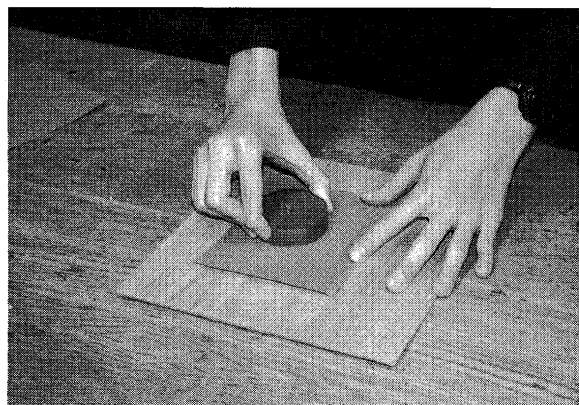


写真4 紙やすりがけ

⑤ 紙やすりがけ

穴あけの終わった本体の端面を紙やすりで処理する。

机の上に適当な大きさの板を敷き、その上に、市販の大きさの半分の紙ヤスリを置いて、本体を前後に動かすと作業しやすい。

#100, #180, #240の順に行って、表面のキズを目立たなくして、かつ、平面度を高める。荒いキズがついているときは、#60から行う。

⑥ 刻印打ち

数字と英字の刻印を用いて、クラス、番号、氏名を刻印する。刻印を刻印される面に対して垂直に保持していないと刻印文字が均一にならない。

(2) つまみ

① 切断

直径16ミリのアクリルの丸棒（元の長さは100ミリ）を33ミリに弓のこで切る。押さえる箱万力には必ず口金をあてる。

② 端面削り

旋盤で両端面を切削させ、旋盤の操作に慣れさせる。（指導時数にゆとりの無いときは、片面は単目ヤスリ（中目がよい）または紙ヤスリで削らせる。）

刃物台の送り（切削量）は0.1ミリ程度にする（0.2ミリ以上にすると、切削面が荒くなり、時に欠けてしまう。）。特に切り始めはバイトの刃先をゆっくりと進ませて、慎重に削らせる。

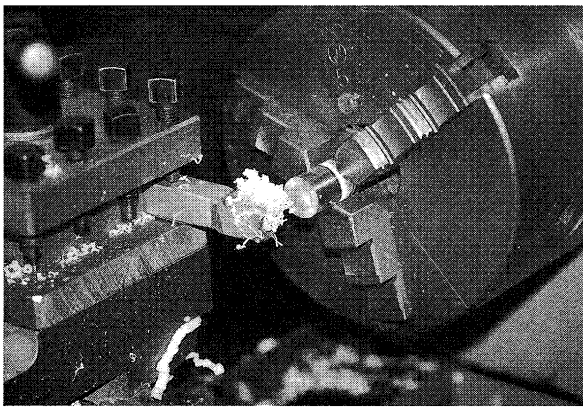


写真5 端面削り

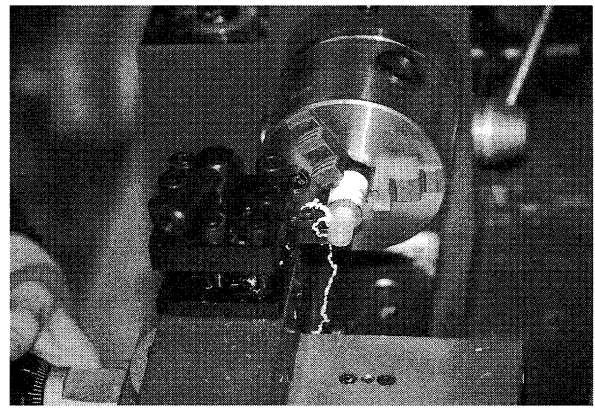


写真6 外周削り

③ 外周削り

おねじ部分（ $\phi 10 \times 15$ ）の加工を行う。つまみの端面から長さの15ミリのところにマジックを当て、線をけがく。外周を少しずつ（0.2ミリ以下）削り、だんだん細くして直径を10ミリにする。時間はかかるが、バイトの送りを0.1～0.2mm以下にする方が失敗が少ない。

②と③の作業は1連に行う。生徒をグループに分け、順番に作業させる。

④ おねじ切り

箱万力に垂直に固定する。単目やすりでおねじ部の面取りをしてから、ダイスをおねじ部に水平に押しつけ、その状態でダイスを1回転近く回し（腕でなく体を動かす）、ダイスをくいつかせる。ダイスが水平になっていなかったらやり直す。指と手でダイスを水平に保ったまま、ダイスを2～3回転させる（戻しを2～3回入れる）。

しっかりとねじ山ができたところで、ダイスハンドルを持つ指の位置を中央から端のほうに移して、ねじ切りを続ける（1/4回転切り進み、1/2回転戻す。これを繰り返す）。注油はしない。

おねじ部のねじ切りが終わりに近づいたときは要注意。つまみ部にダイスが触れているのにダイスを回すとおねじ部がポキッと折れてしまう。

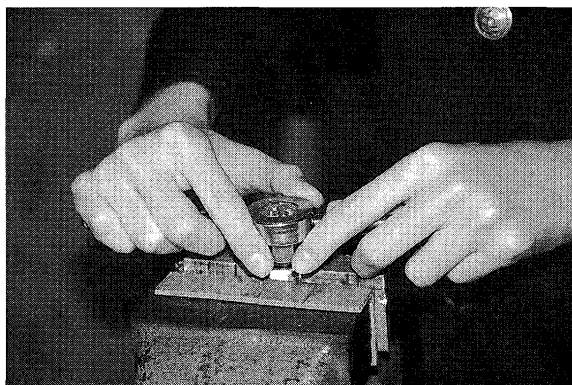
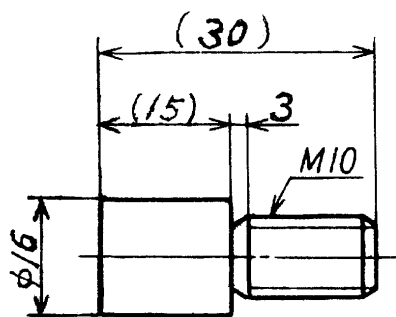


写真7 おねじ切り



つまみの図

⑤ おねじ部の未加工部分の処理

つまみ部とおねじ部の境のところにはねじ山ができない。このままでは、本体のねじ穴にねじ込んでも、本体とつまみの間に1～2ミリの隙間があいてしまうので、ねじ山のできない部分を削り取る。旋盤を使うとキレイにできるが、組ヤスリの三角やすりで削ると早く処理できる。

つまみを本体に取り付けてみて、ねじ部の先が本体から出てしまうときは紙ヤスリで先端を削る。

(3) 仕上げ・研磨

耐水ペーパーを使い、本体の全面とつまみの上端面を研磨する。本体もつまみも角の部分が感触の良くなるように、よく仕上げる。

本体は#400, #800, #1500の順に、最後に#2000を使って磨く。

つまみには#2000のみを使う。

#2000の耐水ペーパーでも、新しい物で研磨すると、微細な擦りキズのため“曇り”状態になるが、使い込んだものでは光沢が出る。

カップなどに水をいれて脇に置いておき、時々、水を注ぎながら磨くと研磨の汚れが除去されて、いっそう美しく仕上がる。

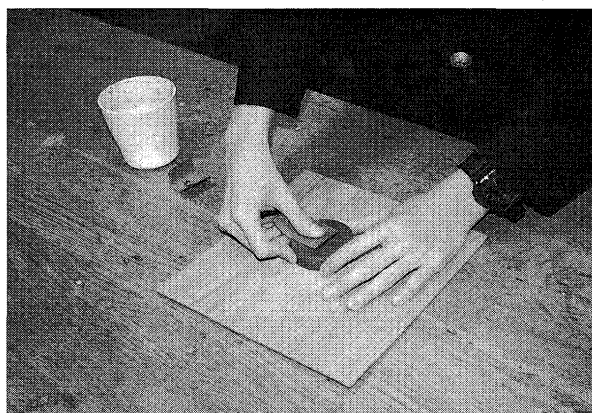


写真8 研磨

IV 評価と課題

1. 結果と考察

平成15年度の製作学習後のアンケート結果から考察する。

(1) 製作の楽しさ

ペーパーウェイトの製作全体としては、表2およびグラフ2で示す通りになった。ペーパーウェイトの製作学習に対して7割近くの生徒が“楽しい”と答えている。多少の困難さはあるものの、ペーパーウェイト製作学習が十分に受け入れられていることを示している。

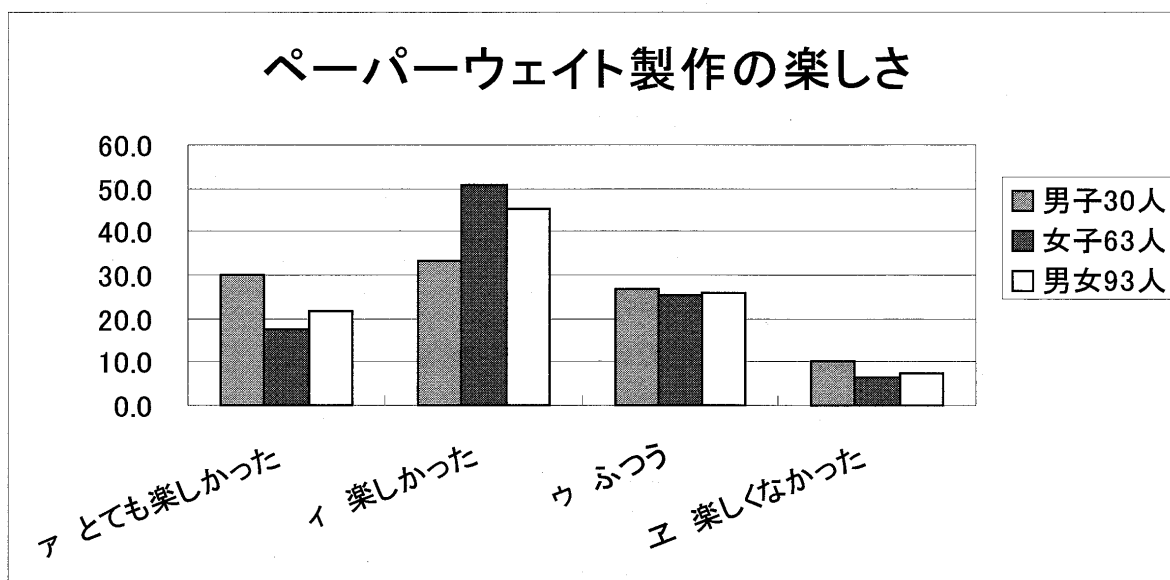
楽しさを感じる程度は、男子の方が女子より少し高い。しかし、反対の“楽しくない”という生徒が、男子では、1割で、女子の割合より少し高い。ペーパーウェイトは素材のやすりがけや仕上げ・研磨など、単純で、根気のいる作業が続くこともあり、“面倒くさい”と感じる生徒達であると思われる。

表2 ペーパーウェイト製作の楽しさ

(数値は%に換算した値)

	男子30人	女子63人	男女93人
ア とても楽しかった	30.0	17.5	21.5
イ 楽しかった	33.3	50.8	45.2
ウ ふつう	26.7	25.4	25.8
エ 楽しくなかった	10.0	6.3	7.5

グラフ2 ペーパーウェイト製作の楽しさ



(2) 製作工程別の楽しさ

表3とグラフ3は、製作工程別に楽しさを問うた結果を表している。

表3-1 製作工程別作業の楽しさ(本体:銅)

◎とても楽しい ○楽しい △ふつう ×楽しくない

(数値は%に換算した値)

製作工程	◎	○	△	×
①単目ヤスリがけ	11.8	23.7	41.9	22.6
②心出し	8.6	28.0	49.5	14.0
③穴あけ	18.3	40.9	33.3	7.5
④めねじ切り	12.9	31.2	45.2	8.6
⑤紙ヤスリで削る	17.2	35.5	35.5	10.8
⑥耐水ペーパーによる研磨	22.6	34.4	30.1	11.8
⑦刻印打ち	29.0	35.5	32.3	2.2

グラフ3-1 製作工程別作業の楽しさ(本体:銅)

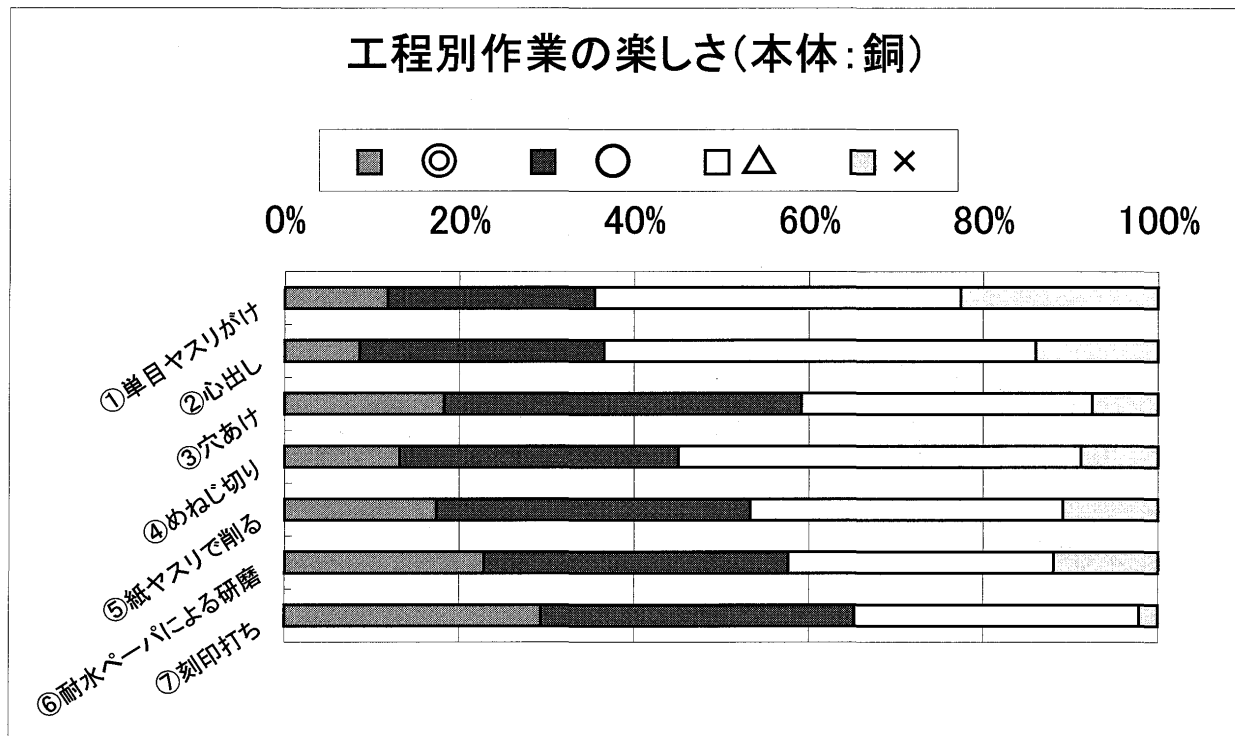


表3-2 製作工程別作業の楽しさ(つまみ:アクリル)

◎とても楽しい ○楽しい △ふつう ×楽しくない

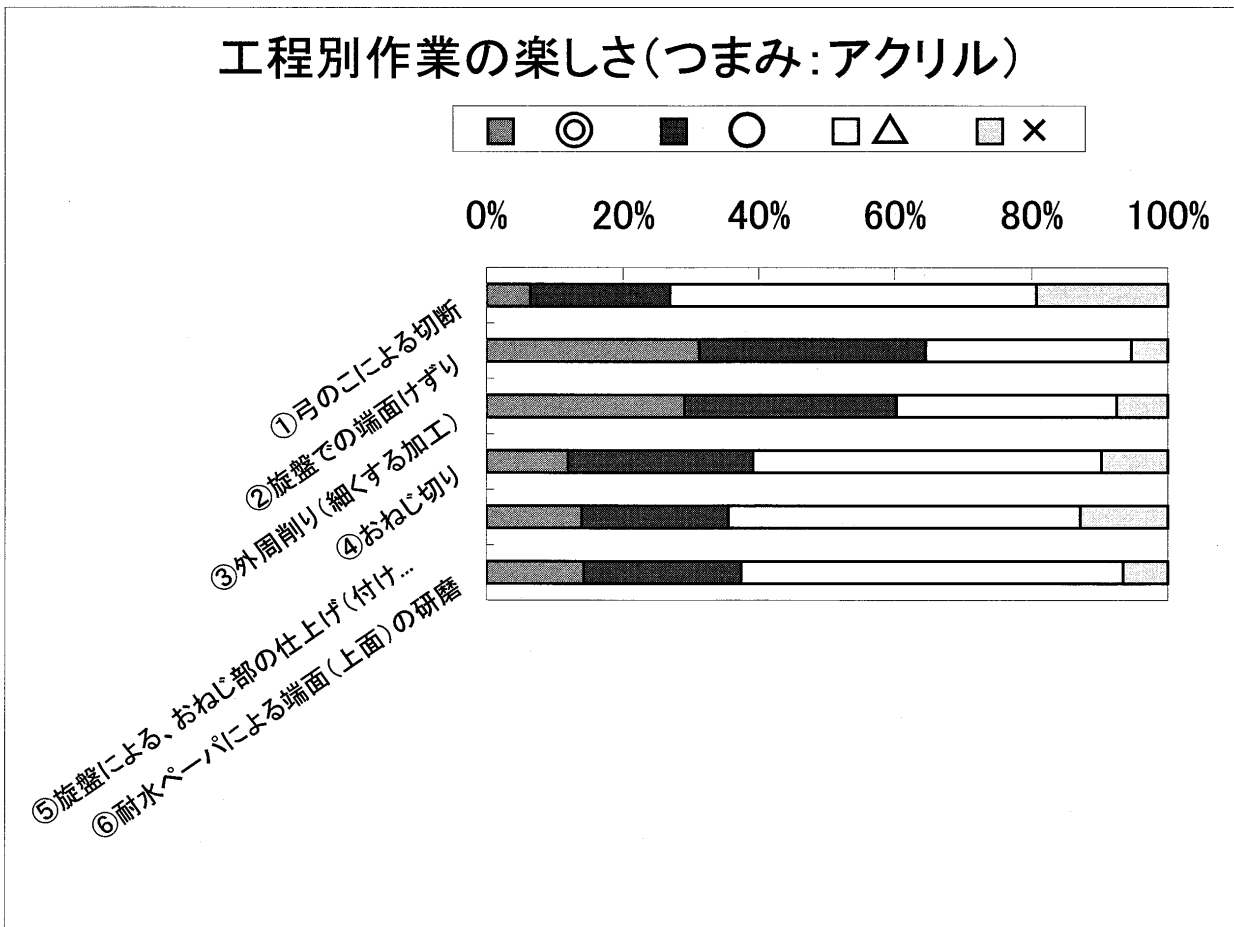
調査数: 男子30, 女子63, 計93人

(数値は%に換算した値)

製作工程	◎	○	△	×
①弓のこによる切断	6.5	20.4	53.8	19.4
②旋盤での端面けずり	31.2	33.3	30.1	5.4
③外周削り(細くする加工)	29.0	31.2	32.3	7.5
④おねじ切り	11.8	26.9	50.5	9.7
⑤旋盤による、おねじ部の仕上げ (付け根部を少し細くする加工)	14.0	21.5	51.6	12.9
⑥耐水ペーパーによる端面(上面)の研磨	14.0	22.6	54.8	6.5

グラフ3-2 製作工程別作業の楽しさ(つまみ:アクリル)

◎とても楽しい ○楽しい △ふつう ×楽しくない



自分の名前などを入れ込む刻印打ちは、文句なく楽しいことが分かる。

耐水ペーパーによる研磨は、銅がだんだん光沢を帯びてきて、ピカピカになるのが楽しいようだ。

意外なのは、ボール盤による穴あけで、旋盤ほど操作が難しくなく、機械を使うと、金属に簡単に8ミリもの穴が開いてしまうことへの驚きと、切削熱で相当熱くなるという発見が楽しさにつながっている。

旋盤によるつまみの端面削りと外周削りは、共に“とても楽しい”と“楽しい”を合わせて6割を超えている。つまみの端面削りを手作業替えて、旋削を外周削りのみにしたとしても、この割合が大きくは変わらないと思われる。

この旋削については、以前は本体（銅）の端面削りを行っていたが、平成12年度からつまみ（銅）の端面と外周削りに替え、更に平成13年度につまみの材質をアクリルに替えたという経過がある。

端面削りは2割強、外周削りは3割弱の生徒が、“難しい”と感じている作業である。難しいけれど楽しいのである。

旋盤とボール盤という、工作機械による切削加工作業は、生徒に“製作学習の喜び”を与えていることは間違いなく、ペーパーウェイト製作を選定した理由である、「機械工作の有効性を体得する。」という目的に合致した結果になっている。

(3) ペーパーウェイトの実用性

ペーパーウェイトの実用性は、表4またはグラフ4から読みとれる。

平成12年度の調査では、製作したペーパーウェイトを“自分で使う”と答えた生徒は3割であったが、今回は4割に上昇した。

平成13年度からつまみの材質をアクリルに変更したが、生徒はアクリルに好感を持ち、これが多少影響していると考えられる。

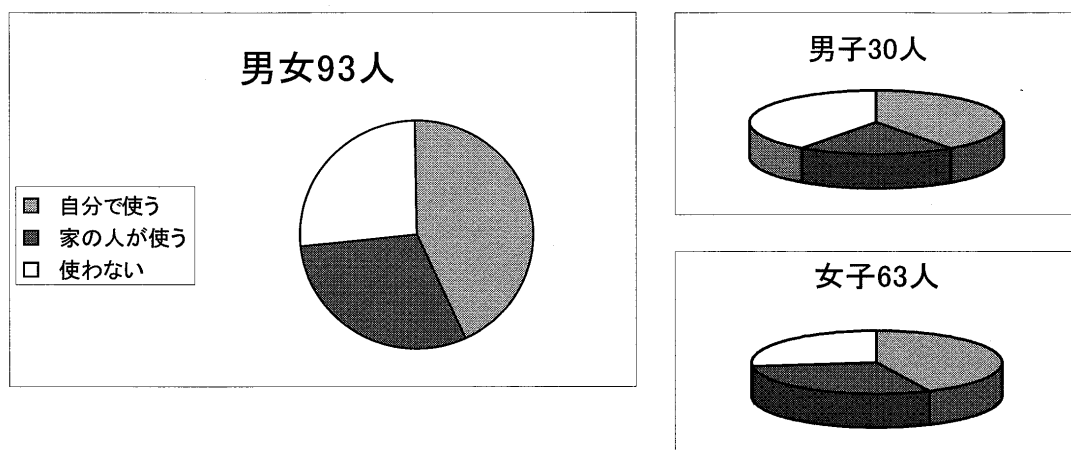
感想文に「飾り気がないので、もっと装飾をつければ使う気になりそう。」と書いた生徒がいたが、検討の余地がある。

表4 ペーパーウェイトの実用性

(平成15年度。数値は%に換算した値)

	男子30人	女子63人	男女93人
ア 自分で使う	40.0	44.4	43.0
イ 家の人を使う	20.0	34.9	30.1
ウ 使わない	40.0	20.6	26.9

グラフ4 ペーパーウェイトの実用性



2. 生徒の感想文

ペーパーウェイト製作の感想文に非常に多く見られるのは、「(とても)楽しかった」「おもしろかった」「大変だったけど楽しかった」という3つの文言で、合わせると約半数の生徒が書いている。

いくつかの感想文を記載する。

- ・疲れたけれど、完成してよかった。
- ・細かい作業は難しかったが、楽しかった。
- ・私に金属加工なんてできるのかなと不安に思ったけれど、順序よくやれば結構簡単にできるんだなと思いました。
- ・自分でねじが作れたので感動しました(うれしかった)。
- ・普段できない体験ができてよかった。
- ・みがけばみがくほど、時間をかければかけるほど、きれいになっていくので(銅、アクリル共に)とても達成感があってよかった。
- ・正確さが重要だと思った。
- ・銅をけずるのが大変だった(疲れた)。
- ・やすりがけで、銅の平らな部分のキズが全部きれいにならなかったのがくやしい。
- ・アクリルのつまみが折れて大変だった。
- ・つまみの製作にとっても時間がかかった。
- ・つまみがうまくはまらなくて、くやしかった。
- ・時間が足りなくて残念。
- ・みんなが機械を使うから、作業が進まなくて大変だった。

3. 今後の課題

課題は、時間短縮の手だて（工夫）と加工の難しさを減らすことである。

すでに加工方法のところで述べたが、つまみの端面削りとおねじの底部の削りを手加工にすることが有効で、平成17年度の選択技術での製作学習で確かめて、確信を得ている。

生徒が一番難しく感じているねじ切り作業であるが、めねじ切りはタップ回しを、T型のタップホルダーでなく、一文字型のタップハンドルを使うことにより、かなり改善されるように思う。

もう1つの、ダイスによるおねじ切りの工夫が、最大の課題であると捉えている。

参考文献

- 1) お茶の水女子大学附属中学校紀要・第31集（2001年）
- 2) 三田村峻右・出町克人共著：プラスチックでつくろう 小峰書店（1987年）
- 3) 小町弘・吉田裕亮共著：絵とき 機械工学のやさしい知識 オーム社（平成2年）
- 4) 中学校学習指導要領（平成10年12月）解説－技術・家庭－ 文部省（平成11年9月）
- 5) 中学校学習指導要領（一部改正） 文部科学省（平成15年12月）