

小学校理科の安全教育につながる 教員養成課程でのガラス細工の実習

松村敬治・大濱順彦

Glasswork Practice Aimed at Safety Teaching at Elementary
School Science Classes in the Teachers Training Course

Keiji Matsumura and Nobuhiko Ohama

はじめに

安全教育の目標は、日常生活の中で安全を確保した行動を行い、安全を守る習慣を身につけることである。先の論文¹⁾では、実験・実習の初心者を対象にした短時間で行う初歩的な安全教育を中心に解説した。しかしこの程度の安全教育では、安全について考えるきっかけは与えることができて、安全の習得・実践には至らないことが多い。そこで、実験・実習の回数を重ねる中で安全教育を身につけるような訓練を行うことが必要になるが、いろいろな実験・実習テーマの中で「ガラス細工の実習」が安全教育の実践的な事柄を修得する上で最適であることがわかった。本来、ガラス細工の実習はガラスと火の特性の修得と簡単な実験器具を作るための実験技術の向上を目的としているが、ガラス細工の実習法を工夫することで、「安全教育を身につける」という目標も達成できることがわかった。

本稿は、小学校教員養成課程で実施しているガラス細工の実習法を具体的に述べ、その中で小学校理科の指導に役立つ安全教育がどんな形で実現できるかについて論述するものである。

教員養成課程でのガラス細工の実習法

ガラス細工の実習を行うときに配布するプリントを資料1（資料1-a、1-b、1-c、および1-d）と資料2に示す。資料1はガラス細工の実習においてテキストとして使用している配布資料である。資料2は「ガラスの特性」という配布プリントで、ガラス細工のヒントになるガラスの物性²⁾を記載している。これ以外に、日本化学会の教育誌に掲載された「ガラス細工を始める方のために」という解説記事³⁾のコピーを参考資料として配布している。これらの資料のうち、資料2は実習日に配布するが、それ以外はすべて実習の1週間前に配布し、学生が事前に目を通して来るように指導している。

資料1の実習書にあるとおり、実習のタイトルは「ガラス細工」である。実習の目的は「ガラス細工の初歩を習得し、簡単な実験器具を作成する」と記している。ガラス細工の初歩を修得することは、「火に慣れ、火を安全に扱う技術を習得すること」と「ガラスの性質を実験で確認すること」も含んでいる。また、この実習は隠れた目的として、「安全教育の実践と体得」を目指している。この目的は具体的には、「危険の伴う実験を、安全を確保しながら行う」ことにより、ガラス細工のときだけでなく日常生活においても、「さまざまな危険を予測し、安全に対処して行動できる能力」を身に付けるという内容を含んでいる。この内容を実習書に記さなかったのは、実習においてはテキストの記述を簡潔にした方が安全な実習指導ができると判断したからである。しかし、このことは大切な事なので、実習時には言葉で説明し、後日文書を用いて説明するようにしている。

本稿の目的は「安全教育の実践と体得」とガラス細工の実習の関係を明らかにすることである。以下の議論においては、始めにガラス細工実習をどのようなやり方で進めているかを説明し、続いて実習のどの部分が小学校理科の安全教育の実践や体得につながるかを述べていく。

A ガラスの特性

ガラス細工のやり方を指導するときは、実習に入る前に資料2を配布して、ガラスの特性とガラス細工の関係²⁾を解説している。資料2においては、最初にガラスの定義を説明し、続いてガラスの種類と物性について説明している。ガラスの種類にはケイ酸ガラスとケイ酸塩ガラスがある。ガラス細工に使用するのは、ケイ酸塩ガラスの中でケイ酸の割合が低い軟質ガラスと呼ばれるガラスで、このガラスはいわゆる凝固点降下のた

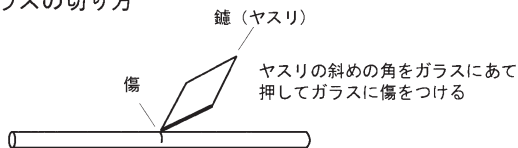
資料 1-a

年 月 日

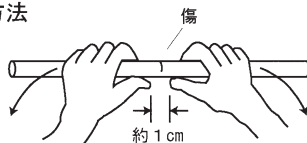
ガラス細工

(目的) ガラス細工の初歩を習得し、簡単な実験器具を作成する。

■ ガラスの切り方



① 手で折る方法

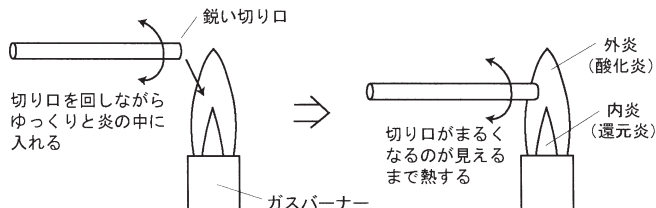


図のように傷を向こう側に向けて両手でガラスを軽くにぎる。ガラスの傷口が開くように両手の親指にじわっと力を加えてガラスを折る。(意外と小さな力でポキッと折れる。折れない場合はその場で待機して教師の指導を待つこと。)

② 焼き玉

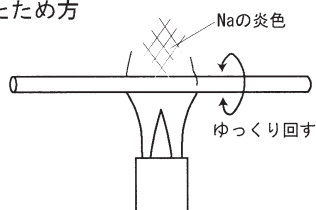


※ 切り口はまるめておく。



資料 1-b

■ ガラスのあたため方



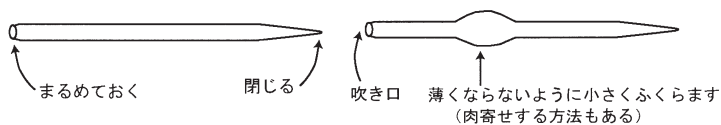
※ Na の炎色が強くなる位置でガラスは温まっている。

※ 細工しようとする部分全体を均一にあたためる。
(ガラスをなめらかに回す)

■ ガラス細工のコツ

※ ガラスを炎の外に出して、曲げたり、吹いたりする。
(ただし、焼き切る場合や、沸石作成の場合は除く)

■ ガラスの吹き方



※ 一方を閉じて（封じ切って）吹く。

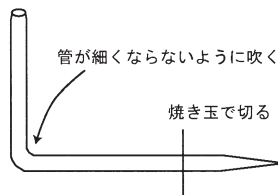
注意

- ◎ 熱したガラスに注意。ガラスの切り口や破片に注意。
- ◎ ピンセットは焼かない。炎から出して扱う。
- ◎ ガラス破片の後始末をきちんとする。
(他の人が怪我をしないように)

資料 1-c

製作 ①と②を製作します。(実演は④まで行う予定)

① L字管

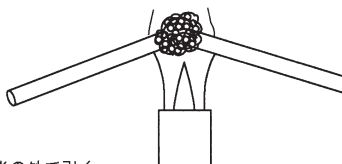


② スポイト



③ 沸石

炎の中で伸ばしてこねてガラスの中に気泡を入れる



十分熱して炎の外で引く



ヤスリで軽く傷を付けて適当な長さにカットする

④ キャピラリー

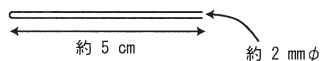
ガラス管を少しふくらませ



膨らました部分を熱して炎の外で引く



ヤスリで軽く傷を付けて適当な長さにカットして細いガラス管を作る
ガラス管の一方は焼いて閉じる



※ 軟質ガラスは割れ易くなっています。作品やガラス片は持ち帰ってはいけません。

資料 1-d

実験レポートの書き方

レポートの書き方は原則として自由とするが、少なくとも以下に示す項目を記す必要がある。

(実施年月日)

(在学番号) . . . (氏名) . . . (共同実験者)

(題目) ガラス細工

(目的) ガラス細工の習得を通して

(材料) 軟質ガラス、ガスバーナー、

(方法・原理・実験) バーナーの温度は内炎が約400°C
ガラスに含まれる Na の炎色が大きくなるようガラスを
温めると

(結果・考察) . . . スポイトを作成した
ガラスを均一に温める練習が必要である

(感想)

※ B5判のレポート用紙あるいはルーズリーフの片面を使用すること。
(2枚以上になる場合はホッチキスで綴ること)

※ レポートの締切は、原則として、実験実施後1週間以内とする。
(休日等がある場合はその都度指定する)

資料 2

ガラスの特性

ガラスは、広義には液体を結晶化させることなく冷却して、その粘度が固体と同じ大きさに達したガラス状態にある物質⁽¹⁾のこと指すが、一般にはケイ酸ガラスやケイ酸塩ガラスのことを指す。ここではガラス細工の実習に使用するケイ酸塩ガラスを中心に解説する。

組成

ケイ酸ガラスは石英ガラスとも言い、その組成は SiO_2 （ケイ酸）である。ケイ酸塩ガラスは、主成分となるケイ酸に Na_2O 、 CaO 、 MgO 、 B_2O_3 などの副成分を混合したものである。

種類

ガラスはケイ酸の純度（重量%）に応じて石英ガラス、硬質ガラス、および軟質ガラス（並ガラス）の3つに分類され、それぞれ次のような物性を持つ。

| 種類 | SiO_2 の重量% | 軟化点 ⁽²⁾ | 線膨張率 ($10^{-7}/^\circ\text{C}$) | 主な用途 |
|----------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------------|------------|
| 石英ガラス ⁽³⁾ | 100% | ～ 1200°C | 6 | 特殊な理科実験用 |
| 硬質ガラス ⁽⁴⁾ | 73% | ～ 550°C | 40 | ビーカー、試験管、鍋 |
| 軟質ガラス ⁽⁵⁾ | 63% | ～ 450°C | 90 | 窓ガラス、瓶、食器 |

ガラス細工のヒントとなる特性

ガラスは引っ張りに弱い：ガラスの耐圧力は約 $9000\text{kg}/\text{cm}^2$ 、耐張力は約 $600\text{kg}/\text{cm}^2$ である。ガラスの張力が小さいのでガラスは脆い物として扱う必要がある。また、引っ張りに弱いことはガラスの切断に利用できる。

熱したガラスは冷めにくい：ガラスは熱伝導性が悪い。熱したガラスは熱が溜まって冷めにくくなっているので不用意に触ると火傷をする。

ガラスは熱ショックに弱い：軟質ガラスは線膨張率が大きく熱伝導性が悪いので熱ショックに弱い。この特性は焼き玉によるガラスの切断に利用できる。

ガラスの切り口は鋭利：ガラスは非晶質であるため、その切断面に限りなく細くなる刃先ができてしまうので手に触れると危険である。切断面は焼いてまるめる処置をする必要がある。

- 1) ガラス状態の物質のことを非晶質、無定形物質、またはアモルファスと呼ぶことがある。
- 2) ガラスが軟らかくなる温度を軟化点という。一般に、ケイ酸の純度が下がると軟化点が低くなる（→凝固点降下）。
- 3) 石英ガラスが結晶化したものは石英、水晶 (quartz) と呼ばれる。石英ガラスを加工するには酸水素炎を必要とする。
- 4) 硬質ガラスを加工するには都市ガスと酸素の混合ガス炎を必要とする。
- 5) 軟質ガラスは軟化点が低いのでガスバーナーでガラス細工できる。

めに軟化点が500℃以下になり、テクルバーナー（ブンゼンバーナー）を用いたガラス細工が可能となる。

ガラスの耐圧力は耐張力の約10倍という性質がある。ガラスはもろい物、壊れやすい物というイメージがあるので、約9,000kg/cm²の耐圧力は意外に思うかも知れない。しかし、通常の場合でガラスに力を加えるときはどんな場合でも、ガラスに歪が生じて局所的に張力が発生するので、ガラスはもろくて壊れ易いものというイメージは間違っていない。ガラスの耐張力が小さいということは、ガラスを切断するときは引っ張りの力をガラスに上手く加えれば良いということになる。

ガラスは熱に対して不良導体という性質がある。ガラスが熱を伝えにくいということは、熱しにくく冷めにくいことを示す。ガラスは冷たいというイメージがあるためか、冷め切っても冷たいと錯覚して触って火傷をする学生が後を絶たない。ガラス細工をしているときのガラスは熱くなっているものとして扱う必要がある。軟質ガラスは更に線膨張率が大きいという特性が加わるので、ガラスの熱し方が悪いと局所的に温度が上がって歪が生じて破壊に至ることがある。水を入れたガラスのコップや牛乳瓶を直接火にかけて熱するとガラスにひびが入るのはこのためである。ガラスのこの特徴は焼玉によるガラスの切断に利用される。

また、ガラスは非晶質であるため、その割れ目の先端は限りなく鋭利になり、先端に触れて怪我をしないように注意しないとイケない。次節でも説明するが、ガラスを切断したときは、できるだけ早めにまるめる操作をして鋭利な部分を安全にするのが良い。

このようにガラスの特性を知ることは、ガラス細工を安全に上手に行うためのポイントを掴むことにつながるので重要である。

B ガラス細工の基本テクニック

ここでは、資料1に従って、1人当たり60cmのガラス管でガラス細工を行うときの実習法について解説する。

ガラスの切り方

資料1に示すように、ガラスの切り方は、ガラスの表面に両刃鑢（ヤスリ）で傷を入れることから始める。両刃ヤスリはノコギリの目立てに使われるヤスリで、断面が菱形状になっており4つの側面に溝状の刃が付いている。その刃の向きは西洋ノコギリと同じで、押すと切れるようになっている。資料1の図では両刃ヤスリの断面を菱形で示しているが、ヤスリの刃は側面にあるので図のように両刃ヤスリをガラス棒に対して寝か

せるようにして斜めの角をガラスに当てて押しつけて傷を付ける。傷は長さ約1cmで、真っすぐ直線状に付ける方が良い。ヤスリで傷を付けたガラスは①手で折るか、②焼き玉を使うことにより切断することができる。

① 手で折る方法

ガラス管の長さに余裕がある場合は手で折る方法が簡単である。ガラスは引っ張りに弱いということを念頭に置き、ガラス管に両刃ヤスリで傷を付けて、資料1-aの図のように、両手でガラス管を軽くにぎり、傷を向こう側に向けて傷口が広がるような方向に親指に力を入れると意外と小さな力でポキッと折れる。

②焼き玉で切る方法

焼き玉を用いる方法は軟質ガラスが熱ショックに弱いことを利用してガラスを切る方法である。熱したガラス玉を傷の端に押し付けるように当てると、しばらくしてガラスがパリッと音を立てて割れる（ただし、ガラスが音を立てて割れるのは焼き玉が大きいときだけである）。ガラス玉は細くしたガラス管の先を熱するとガラスの融けた部分が玉になっていくので適当な大きさにしたものを使えば良い。この操作は慣れば簡単であるが、初心者は、切り口は汚くなるが、強く熱した大きめの焼き玉を使って確実に切る練習をするのが良い。慣れるに従って、コツを掴めば、軽く熱した小さな焼き玉で綺麗な切り口に切れるようになる。焼き玉を傷の端に当てるのは、傷のある所と無い所の熱膨張の差を利用して傷口を広げてガラス割るためである。一方、傷の中心に焼き玉を置くと、熱が均一に広がり、ガラスに歪ができにくくなるので、殆どの場合ガラスは割れない。1回目の焼き玉でガラスが割れない場合は、ガラスの傷が局所的に融合していることが多いので、もう一度ヤスリを傷口に当てる必要がある。また、焼き玉を置く前に水で傷口を湿らすとガラスが切れ易くなる場合もある。いずれにしても、傷の付いたガラスは、非常に割れ易くなっており、そのまま放置しておくとうっかりと割れて危険な場合もあるので割れたものあるいは割れるものとして扱う必要がある。

切り口のまるめ方

ガラス管の切り口は見た目では尖ってなくても、非常に鋭敏な縁ができていますので不用意に触ると怪我をする恐れがある。そこでガラスを切った後はまるめる処置をする必要がある。尖った切り口は、資料1-aの図のように回しながらゆっくりと炎の中に入れると尖った部分から優先的に融けてまるまった角になって安全な状態になる。目で見てまるまった角が確認できるようになったらガラス管を炎から取り出してまるめる操作を終了する。

ガラスの温め方

ガスバーナーの内炎は400℃であるが、外炎は約1500℃の高温になる。そこで、ガラス細工をする場合は、外炎を用いて、加工する部分全体を均一に温めることが大切である。ガラスは熱伝導性が悪いので、炎の当たっている面しか温まらない。そのため、ガラス全体をゆっくり回す必要がある。ガラスが温まってきたらナトリウムの炎色が見えてくるので目的の場所が温まっているかどうかを確認できる。ナトリウムの炎色が十分明るく濃くなった状態をガラスが程よく熱せられて軟らかくなった状態のサインとして使うことができる。そのような状態になれば、速やかにガラスを炎から出して加工を始めると良い。

熱したガラスを加工するポイント

ガラス管を曲げたり吹いたりする加工を施す場合、熱して柔らかくなったガラスは炎の外に出して作業することが大切なポイントとなる。炎の中で作業すると折り曲げた部分や膨らまして薄くなった部分でガラスが急激に温まり、ガラスが溶けてくびれたり破裂して穴が開いたりして予想外の変形が起きる。一方、炎の外で作業する場合は、ガラスの変形は想定内の範囲で起き、目的の作品をつくる作業を続けることができる。ガラスを炎の中で加工するのは、ガラスを焼き切る場合や沸石を作る場合に限られる。

ガラスの吹き方

ガラスを吹いて膨らますときはガラス管の一方を閉じておく必要がある。すなわち、ガラスを膨らます場合は、ガラスの穴は吹き口の1つだけにしておくことが重要である。ガラス管を膨らますために一方の端の穴を指で塞いで作業したりすると、高温部分のガラスからの空気が漏れて指を直撃して火傷したり、それを防ぐために力みすぎてガラスが割れたりして危険である。このように、ガラス管を膨らますときは、管を閉じて吹いて膨らまし、切り取って元に戻すという二重手間の作業が必要になるが、この操作が安全のためには不可欠である。またガラスの膨らまし方であるが、ほおを思い切り膨らませて吹くと息の量をコントロールしにくくなり、ガラスがシャボン玉のように膨らんで急激に薄くなった部分で破裂することがある。ガラスを膨らますときは膨らみの状況に応じて吹き圧をコントロールする必要がある。もしガラスが薄くなったりいびつになりかけたりする兆候が見えたら、直ちに膨らます作業を中止し、温め直す必要がある。L字管やスポイトを作る場合はせいぜい10ml程度膨らませれば良いので、ほおを思い切り膨らませるのではなく、「鰓で空気を押し出す」がごとく口に溜まった空気を力強く確実に必要な量だけ押し出すやり方を採ると上手く行く。

ガラス細工中に注意すること

熱したガラスに注意する必要がある。一度熱したガラスは冷めにくい。ガラスには冷たいというイメージがあるためか、放置してあるガラスをついつい素手で触って火傷することがある。そこで、ガラス細工の現場に置いてあるガラスは、冷めていることを確認するまでは全て熱してあるものとみなして扱うことが大事である。

またガラスの切り口や破片は鋭利になっているのでむやみに触らないようにする必要がある。また、同じ理由で、ガラス細工を終えたら破片が残らないよう後片付けをきちんとする必要がある。実験台の表面は目に見えるガラス破片を除去した後に水で湿らせたペーパータオルで表面を拭き取ることで安全になる。雑巾がけは、雑巾の織り目にガラス破片が入り込んで危ないので、以上の処置をするまでは控えるべきである。

ピンセットは焼かないように、炎が直接かからないように注意しなければならない。ピンセットを焼くと金属が焼きなましの状態になり、柔らかくなってガラスを掴みにくくなる。ピンセットが柔らかくなったままで使用すると細工がし難くなるばかりか、いざというとき熱したガラスをつかみ損ねて危険を招くおそれがある。柔らかくなったピンセットは整形した後に、焼き入れをしておく必要がある。

C ガラス細工の作品の製作

ここでは資料 1-c に示した 4 つの作品の作り方を解説する。これらの作品は外径 9 mm 長さ 60cm の軟質ガラス管を使って試作することができる。

L 字管

L 字管は水素や酸素などの気体を発生させたり、冷却水を通したりするとき重宝するアイテムである。L 字管を作るとき、ガラス管を温めて単に曲げるだけでは、L 字の角で管が細くなり使いものにならない。そこで L 字管をつくるときは、最初にガラス管の一方を封じ切っておき、ガラス管を十分温めて L 字にして、その直後に吹き戻す必要がある。吹き戻す部分の体積はせいぜい 2～3 ml 程度であるから管の膨らみを見ながら「鰓で空気を押し出すがごとく」吹いていくと上手く行く。L 字部分ができたら、封じ切った部分を焼き玉でカットして、切り口をまるめると L 字管のできあがりである。L 字管を作るときは、ガラス管を閉じて塞いで L にして、塞いだ部分を切り落として再び元に戻すという二重手間のような作業を行うが、この作業は安全上からも重要である。

スポイト

スポイトはガラス管に液体の吸い口、液溜め、ゴム留めの加工を施して作ることがで

きる。製作の手順は、最初に約30cmのガラス管のきれいな端を熱してまらめておく。ガラス管の他の端を熱して、先を細く伸ばして閉じる。続いてガラス管の真ん中あたりを熱して、スポイトの液貯めをつくるために膨らます。このときガラスが薄くならないように小さな膨らみにする。膨らみを大きくしたいときは肉寄せをする必要があるが、初心者には難しいので通常は行わない。続いてガラス管の吹き口にしていた端を熱して蒸発皿に押し当てて簡易的なゴム留めを作る。スポイトの吸い口は、封じ切った形になっているが、ヤスリで軽く擦って傷をつけて手で軽く引っ張るようにつまんでカットする。尖った先端は、バーナーで軽く熱してまらめる。このときナトリウムの炎色が見えたら熱するのを止めてまらまっているか確かめ、まらまっていないようなら再び炎色が見えるまで熱して目的のものに仕上げる。

沸石

ガラスの中に空気の泡を入れると透明なガラスが乳白色の塊に変化するが、これが沸騰石（沸石）として利用できる。沸石の作り方は千歳飴の作り方に似ている。千歳飴の場合は透明な水飴を延ばして重ねる操作を繰り返すことにより水飴の中に無数の細かい空気の泡を入れることができ、それが光を乱反射させて乳白色の飴になる。ガラス細工で作る沸石もこれと同じで、ガラス管を熱して炎の中で伸ばして重ねる操作を繰り返すことにより空気をガラスの隙間に入れることができる。ガラスに空気が十分入って少し黄味を帯びた乳白色になったら、塊の状態です十分熱して炎の外で引いて棒状に伸ばして適当な長さにカットすると沸石のできあがりである。ガラスの沸石は表面に無数の傷ができていたため簡単にポロポロ折れてしまうので、扱いや保管には注意しなければならない。沸石を実際使うときは、そのまま手で適当な長さに折って使えば良い。

キャピラリー（融点測定用）

キャピラリーは飴に例えると、金太郎飴の作り方に似ている。金太郎飴は、色付けした飴の塊を断面が顔の形になるように配置したものを熱して細長く伸ばして作っている。伸ばす前は太い断面に大きな顔が見えるが、伸ばした後はそのまま縮小された小さな顔になる。ガラスの場合も飴と同じでガラス棒を伸ばせば縮小されたガラス棒ができ、ガラス管を伸ばせば縮小されたガラス管ができる。実習で製作するキャピラリーは融点測定用で、外径約2mm長さ5cmのものを目標としている。ガラス管を熱して単に炎の外で引くだけでは肉厚のガラス管になるので、ガラス管を少し膨らましてその部分を熱して炎の外で引くことにより融点測定に適した熱伝導性の良い肉薄のガラス管を作ることができる。その細くなったガラス管はヤスリで軽く傷をつけて引っ張るようにして折

ると綺麗にカットできる。カットした管の一方を炎に入れてしばらくすると管が自然に閉じて融点測定用のキャピラリーのできあがりである。キャピラリーの口は、鋭い端になっており、また、非常に折れ易くなっているので扱いや保管には十分注意しなければならない。

D 実習レポートの作成

資料1-dに実習レポートの書き方を示している。講義では実験レポートを書くときの心構えを三つ述べることにしている。

一つ目は「レポートは読む人の立場で書くこと」である。レポートは、読んだ人がそのレポートに基づいて実験する場合、同じ結果を再現できるレベルまで忠実に詳細に書くことを基本としている。主観的な書き方をすると、レポートを書いた本人でさえ、時間を置いて読み直すと何を書いているか読み取れない場合がある。レポートは第三者が読んでもわかるよう、正しい日本語で簡潔に客観的に書くことが大切である。

二つ目は「レポートは速やかに書くこと」である。実験でやったことを正しく覚えていよううちにレポートは書き終えないといけない。自然科学において、発表が遅れたために他人に成果をさらわれた人の話をときどき聞く。そういう意味でも、レポートは締め切りを守って速やかに書くことが大切である。

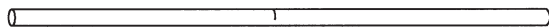
三つ目は「レポートはオリジナリティが大切」である。レポートは自分で書いてこそ意味がある。それゆえ、他人のレポートを写すことは厳禁で、写した人も写された人も減点の対象となる。写された人を減点するのはデータ管理の重要性を示すためである。実験に関連したことを文献で調べることは大切であり奨励されるが、その場合、引用のルールに則って出典を明記しなければならない。

レポートの構成については、資料1-dに示す通りである。題目の項目には、実験書に書かれた題目をそのまま記せば良い。目的の項目には、どんな目的で実験したかを簡潔に記さないといけない。方法・原理・実験の項目には、実験の概要と理論的背景を記し、実際に行った実験操作を過去形で記載する必要がある。結果・考察の項目には実験結果とその解析法および結果を、適宜、図や表および式を用いて記し、実験から分かったことや結論されることなどを客観的に科学的に記述すると良い。

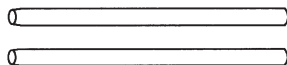
以上が、一般的なレポートの書き方であるが、実際にレポートを書くときは資料1-dに記載された項目の中から必要な項目を選択して記述することになる。

図1 ガラス細工の実習手順

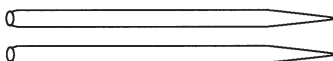
- ① ガラス管を2つに切る（折る）



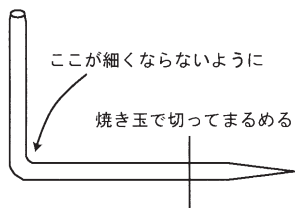
- ② きれいな端をまるめる



- ③ 反対側の端を伸ばして閉じる

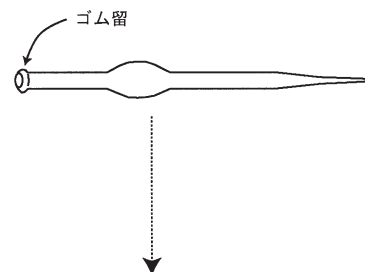


- ④ L字管をつくる



(沸石)

- ⑤ スポイトをつくる



(キャピラリー)

E ガラス細工の実習風景

ガラス細工の実習は、外径9mm長さ60cmのガラス管を1本ずつ各学生に配布して行っている。図1にガラス細工の手順を示す。学生は図1を板書したものを見ながら実習を行うことになる。大まかな手順として、最初にガラス管を半分に切り、一方でL字管を作り、他方でスポイトを作るという方法を提示している。具体的には、ガラス管の中心にヤスリで傷を付けて手で折ることにより、30cmのガラス管を2本作成する。ガラス管の中心の出し方は、ガラス管を約20cm離れた両手の甲の上に置きガラス管を乗せたまま手を滑らせて合掌すると、合わさった手の位置がガラス管の中心（重心）になる。続いてそれぞれのガラス管のきれいな端を熱してまるめる。もう一方の端は広めに熱して次第に細くなるように炎の外で伸ばして、その後炎の中で焼切って閉じる。こ

のような加工を施したガラス管を2本用意し、1本をL字管に、もう1本をスポイトに加工するように指導している。以前はL字管から沸石を作ったり、スポイトからキャピラリーを作ったりしていたが、この段階で火傷や怪我が多くなる傾向にあったので、現在は行っていない。教員が図1の手順に従ってガラス細工のデモンストレーションを行った後、学生は実習に入る。実習ではL字管とスポイトを製作させているが、軟質ガラスは脆く割れ易いので、作品は持ち帰らないように注意している。

写真1、2、3に実習風景を示す。約170m²の理科教室に33名の学生が教師2名と実験助手1名のもとでガラス細工の実習を行っている。計3名の指導員が教室に入ること、教室全体を見渡したり、巡回して個別に指導したり、火傷や怪我などの応急処置に備えたりすることができる。特に、火傷や怪我をした学生には一時的に2名の指導員が処置に当たることがあり、その時はもう1名の指導員が教室全体を見渡すことになる。このように、実験実習においては、教育効果上および安全確保上、3人から成る複数の指導体制が不可欠となる。

ガラス細工の実習時には33個のテクルバーナーを一斉に点火することになるが、4つの換気扇を常時動かせたり一部の窓を開けたりしているので、二酸化炭素は0.1%を超えること⁴⁾は無い。二酸化炭素は無色無臭の気体といわれるが、これは原則としてという意味であり、二酸化炭素が増えると独特の空気の淀み(人いきれのようなもの)を感じる。この淀みは部屋の中ではあまり感じないが、部屋の外から入ってくるときや部屋の外と中の空気を吸い比べるときに感じる。二酸化炭素は2%で呼吸が深くなり、3%を超えると頭痛・めまい・吐き気を催し、7%を超えると数分で意識を失い危険な状態になるので、そうした状況にならないように二酸化炭素が増える兆候を感じたら窓を開けるなどの対策を講じなければならない。写真1と写真2は、それぞれ、教室の前方と後方から実習風景を写した写真である。それぞれの実験台の上には写真3に示すようなマッチ、ヤスリ、ピンセットなどの必要品を入れた緑のプラスチックのコンテナ⁵⁾を置き、実験台の下(床)にはガラスの破片を入れるための段ボールのゴミ箱を設置している。こうすることで実験台の上は余分なものを無くすことができ、片付いた状態で安全に実習を行うことができる。ガラス細工のときの服装は白衣が作業服が理想的であるが、揃える費用のことを考えて、学生にはシンプルな服装をして来るようにと伝えてある。写真1、2、3は実習中のありふれた風景であるが、学生は良い意味で緊張感を持って実習に臨んでいることがわかる。



写真 1



写真 2



写真 3

ガラス細工の実習と安全教育の修得

安全教育の目的は、日常生活の中で安全を確保した行動を行い、安全を守る習慣を身につけることであるが、ここでは「ガラス細工」の教材がこの目的を達成するために如何に適した教材であるかについて検証する。

ガラス細工においては「火」と「ガラス」の扱いに慣れるということ自体、安全教育に関して重要な意味を持つ。「火（あるいは熱）」や「ガラス」は社会や家庭の至る所で利用されており、その特性を理解し、その扱いに慣れるということが、安全で豊かな生活を保証することにつながるからである。

一方、ガラス細工の実習は、「危険の伴う実験を、安全を確保しながら行う」ことにより、「さまざまな危険を予測し、安全に対処して行動できる能力」を身につけることを可能にする。ガラス細工の実習の中からこれに当てはまる操作を抜き出して箇条書きにすると次のようになる。

- ①ヤスリで傷をつけたガラス管を手で折ったり、焼き玉で切ったりする操作
- ②ガラス管の切断面をまるめる操作
- ③L字管やスポイトをつくる時ガラス管を伸ばして閉じる操作

①において、ヤスリで傷を付けたガラスは意外と簡単に割れることから、日常においてもガラスを扱うときは傷を付けないように注意したり、傷の付いたガラス製品を見つけたときは使用を中断して対策を講じたりする習慣が身につくはずである。②においては、ガラス管から危険なものを取り除いて安全を確保している。以上のことは危険を予測し、危険を回避する処置を行うことになるので日常での安全教育の実践につながる。一方、③に関しては、安全は手順を踏んでこそ確保されるということを示している。L字管はガラス管を封じ切った後に管を曲げて、管の太さを均一に整えた後に、封じた部分をカットして元の状態に戻すという方法を採用している。ガラス管を封じるという操作が二重手間になるのであるが、これをやらないと火傷や怪我の確率が增大してしまうので、安全のために不可欠な手順となっている。この手順はスポイトの製作においても採用しており、安全のためには、作品とは直接には関係の無いことを下準備として行う必要があることを学ぶことができる。このようにガラス細工の実習をやることで必然的に安全のための手順が身をもって体験でき、安全教育の修得・実践という目標が達成できる。

小学校学習指導要領とガラス細工

平成 20 年（2008 年）3 月 28 日に新しい学習指導要領⁶⁾が告示され、小学校理科は授業時数⁷⁾がそれまでの 350 時数⁸⁾から 405 時数に増やされることになった。その内容は中学校との一貫性を重視して、中学校の第 1 分野に対応する「A 物質・エネルギー」と第 2 分野に対応する「B 生命・地球」の 2 区分に再構成して、科学への関心を高める観点から日常生活や社会に関連した項目を充実させた。この新学習指導要領の中でガラス細工の実習と関連した項目を学年ごとに挙げると以下のとおりになる。

第 3 学年

物と重さ

- ア 形と重さ
- イ 体積と重さ

光の性質

- ア 光の反射・集光
- イ 光の当て方と明るさや暖かさ

第 4 学年

空気と水の性質

- ア 空気の圧縮
- イ 水の圧縮

金属、水、空気と温度

- ア 温度と体積の変化
- イ 温まり方の違い
- ウ 水の三態変化

第 5 学年

物の溶け方

- ア 物が水に溶ける量の限度
- イ 物が水に溶ける量の変化
- ウ 重さの保存

第 6 学年

燃焼の仕組み

ア 燃焼の仕組み

水溶液の性質

ア 酸性、アルカリ性、中性

イ 気体が溶けている水溶液

ウ 金属を変化させる水溶液

(文部科学省『小学校学習指導要領』の理科「A 物質・エネルギー」⁶⁾から抜粋)

第3学年の理科においては火や熱を使う実験・実習は無いが、「物と重さ」の中でピーカーやメスシリンダー⁹⁾、「光の性質」の中で平面鏡や虫眼鏡などのガラス製品¹⁰⁾を使って実験・観察を行っている。また、「光の性質」の中では光を集めたり反射させたりするので、光と熱に関する注意が必要になる。

第4学年の理科においては「空気と水の性質」と「金属、水、空気と温度」の中で火とガラス器具を使う実験を行っている。使用する器具はアルコールランプ、ピーカー、試験管、温度計などで、できるだけ理科室で実験を行うことになっている。「空気と水の性質」においては空気や水をプラスチックのシリンダーに閉じ込めて圧縮を行うが、プラスチック製品でもガラスと同じような割れ方をする場合があるので注意が必要である。また、水を沸騰させて体積の増加を見るときは水蒸気の熱容量が大きいので、蒸気に触れて火傷をしないように注意しなければならない。

第5学年の理科においては「物の溶け方」の中で火とガラス器具を使う実験を行っている。ここでは特にろ過器具や薬品(ホウ酸)も使用するので、安全で適切な操作法を児童に指導しておく必要がある。また、「B 生命・地球」の中の「植物の発芽、成長、結実」の項目ではおしべの花粉を調べるときに顕微鏡を本格的に使用するが、このときプレパラートに使うスライドガラスは板ガラスを切断したものを使用しているので切断面で怪我をしないように注意しなければならない。(カバーガラスは薄くて破損し易いので、扱いは更に注意が必要であるが、小学校では通常使用しない。)

第6学年の理科においては「燃焼の仕組み」と「水溶液の性質」の中で火とガラス器具を使う実験を行っている。「燃焼の仕組み」ではガスバーナーや気体検知管¹¹⁾などの器具と二酸化マンガンやオキシドールなどの薬品を使い、「水溶液の性質」では塩酸や水酸化ナトリウムなどの薬品も使うので予備実験も含めて時間的に余裕を持たせて安全に十分配慮した指導を行わないといけない。また、「B 生命・地球」の中の「植物の養分と水の通り道」の項目でも、火とガラス器具を使用している。特に「植物の葉に日光

が当たるとでんぷんができること」を調べるために、熱したエタノールで葉緑素を抽出する操作¹²⁾を行うが、このときはエタノールが引火しないように特に火の気に注意を払う必要がある。

以上、ガラス細工の実習で培った技能と安全教育は小学校の各学年の理科の安全指導の基本的な部分に生かせることがわかる。小学校理科の具体的な内容については文部科学省の『小学校学習指導要領解説 理科編』¹³⁾に詳しく記述されているので、参照していただきたい。

まとめ

ガラス細工の実習の目的は、火を安全に扱えるようになることとガラスをその特性に合わせて扱えるようになることである。ガラス細工の実習を実施する学生の殆どは実験の初心者で、当初は火やガラスに対する恐怖心のためかガスバーナーやガラス管を扱う手の動きがぎこちなく、腰が引けている者が多かった。そういう場合は、火やガラスの周辺にしか目が届かないので危険である。しかし、ガラス細工の実習を行うことで次第に火やガラスに対する恐怖心が解け、安全を確保して行えば大丈夫であることが理解できてからは火やガラスの扱いに自信が持てるようになるようである。このことはアンケート結果¹⁴⁾にも現れており、学生に実習の感想を求めたところ、「火を扱うことがとても怖くてできればやりたくないと思っていた。しかし、今回の実習では全員がやるのが義務付けられていたので、やらざるを得なかった。怖がっているだけでは逆に危ないと思い、決心してやって見たら、恐怖心はまだあるものなんとかできるようになった。」という感想や、「最初はガラス細工ができるだろうかと不安だったが、手順と注意点さえ守れば大丈夫であることがわかった。特に、ガスバーナーが怖くて嫌だったが、実習中ずっとバーナーを扱ったためか、最後には慣れて怖くなくなった。ガラスは見ただけではガラスの熱さがわからないところが怖いと思った。一度だけ、ガラスを冷えたものと思って触ってしまい、軽い火傷をしてしまった。ガラスが冷えるまで時間がかかることを、身を持って学ぶことができた。」という感想があった。

ガラス細工の実習を行って20年になるが、幸い大きな火傷や怪我は起きなかった。しかし、近年、実験継続に支障の無い程度の軽い火傷や怪我が増えたように思う。2006年度のアンケート¹⁴⁾では45%の学生が火傷をし、6%がガラスで怪我をしたと回答していた。火傷や怪我が増えた背景には、実験実習の経験が少なくなったことと、日常生活

において火や刃物などの危険なものを（安全を確保して）扱う経験が少なくなったことが挙げられると思う。そこで、事故が起きそうな場面に関する実習書の記述をより詳しく具体的なものに変更したり、講義での操作法の説明を場面ごとにししたりして、事故防止のための改善を図ることにした。資料1は改善後の実習書であるが、これを使って2007年度に実習を行ったところ、アンケート結果¹⁴⁾は火傷が25%、怪我が1%となったことを示し、2006年度¹⁴⁾に比べて大幅な改善が見られた。このことから、「ガラス細工」の実習は、学生に「安全教育の実践」を身に付けさせるだけでなく、実験指導する教師にも絶えず「安全に対する心構えを問いかける」極めて奥の深いものであることがわかる。

参考文献および注

- 1) 松村敬治、大濱順彦 「小学校の理科教育における安全の留意点と教員養成課程での安全教育」 西南学院大学人間科学論集 第2巻2号 pp.203-220 (2007)
- 2) ガラスの特性をもとにガラス細工のやり方を丁寧の解説した書籍に飯田武夫が執筆した『ガラス細工法 一基礎と実際一』廣川書店 (1973) がある。ガラス細工を本格的にやろうと思う方は是非参考にさせていただきたい。
- 3) 橋本康二 「ガラス細工を始める方のために (化学実験の手引)」 化学教育 第30巻4号 pp.327-330 (1982)
- 4) ガラス細工を行っている理科教室の二酸化炭素の濃度を Monitizer-A5 (株式会社コムエイド製) で測定をしたところ、4つの換気扇を動作させ窓を少し開けた状態で550ppm以下であった。教室の窓を閉め切ると二酸化炭素の濃度は急激に上昇するので注意。
- 5) 写真3に示すとおり、2人掛けの実験台にはガラス細工の道具を入れた緑色のプラスチックコンテナを1個置いている。コンテナの中身は、テクルバーナー2個、両刃ヤスリ2個、ピンセット2個、マッチ1箱、燃えさし入れ1個、および蒸発皿を1個である。実験台の引き出しにはペーパータオルを置き、実験台の下(床)にはガラスの破片を入れるための段ボール製のゴミ箱を置いている。
- 6) 文部科学省 『小学校学習指導要領 平成20年3月告示』 東京書籍 (2008)
- 7) 授業時数の1単位時間は、45分。
- 8) 文部科学省 『小学校学習指導要領』改訂版 独立法人国立印刷局 (2004)

- 9) ガラス製品の代わりにプラスチック製品の使用も可。
- 10) 第3学年の「昆虫と植物」や「身近な自然の観察」では虫眼鏡や携帯型の顕微鏡を使用することになっている。
- 11) 気体検知管を使用するときチップホルダで検知管の両端を折り取るが、このときガラス管の切断面に注意しないといけない。使い終わった検知管は速やかに適切に処理すること。
- 12) エタノールは、電気ポットで沸かした湯を使って間接的に温めること。温まったエタノールは特に引火し易いので注意。
- 13) 文部科学省 『小学校学習指導要領解説 理科編 平成20年8月』 大日本図書(2008)
- 14) アンケートは2006年度から実施している。ガラス細工の実習は、2006年度は86名、2007年度は72名の学生を対象に、それぞれ3クラスに分けて実施した。アンケートは、事故の有無と程度を問う欄と自由記述欄から構成し、実習者全員を対象に無記名で行った。

西南学院大学人間科学部児童教育学科